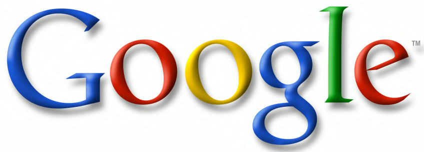





SIGILLVM · VNIVERSITATIS · CALIFORNIENSIS
FIAT LVX
MDCCCLXVIII
EX LIBRIS

Johannes ⚒ Walther.

LEÇONS
DE GÉOLOGIE.

LEÇONS
DE GÉOLOGIE,

DONNÉES

AU COLLÉGE DE FRANCE,

PAR J.-C. DELAMÉTHERIE.

TOME PREMIER.

A PARIS,

Chez Mme. Ve. COURCIER, quai des Augustins, n°. 57.

(PARIS). VALADE, IMPRIMEUR DU ROI.

1816.

LBC

LEÇONS DE GÉOLOGIE.

INTRODUCTION.

La Géologie est une science dont on s'occupe beaucoup aujourd'hui. Elle nous intéresse particulièrement, puisqu'elle est l'histoire du lieu de notre habitation. Je vais donc, Messieurs, vous présenter, dans ces entretiens, ce qui paraît le mieux constaté dans l'état actuel, sur cette belle partie de mes connaissances. J'en ai déjà traité en 1795, dans ma *Théorie de la Terre*. Mais depuis cette époque, elle a beaucoup acquis par les travaux de plusieurs savans distingués, qui ont fait sur cette science les recherches les plus approfondies.

J'en ai aussi fait de mon côté, et j'ai traité, dans un grand nombre de mémoires insérés dans le Journal de Physique, et dans mes discours préliminaires, plusieurs objets qui y ont des rapports. Je vais réunir ici tous ces travaux.

La Minéralogie, qui est la base de la Géologie, a fait de grands progrès (1). Nous connaissons maintenant la plupart des substances minérales, et l'analyse en a été faite par d'habiles chimistes.

(1) Je renverrai souvent, dans cet ouvrage, à mes *Leçons de Minéralogie*, qui exposaient l'état actuel de cette science en 1813.

J'exposerai les faits avec exactitude, je discuterai les opinions avec impartialité, et j'espère que vous acquérerez des notions géologiques, qui vous satisferont. Vous vous convainquérez qu'elles sont à peu près aussi avancées, que celles des autres parties de la physique.

Mais nous verrons que dans la Géologie il y a, comme dans les autres parties de nos connaissances, des problèmes, dont la solution est au-dessus de nos connaissances actuelles; il faut, par conséquent, les abandonner *pour le moment.* Le physicien ne recherche plus les causes de l'attraction; le chimiste celles des affinités.... On regarde ces faits comme prouvés, quelles qu'en soient les causes... Le Géologue ne doit pas davantage rechercher les causes de la fluidité du globe, celles de la dissolution de la plus grande partie des substances minérales, celles de leur cristallisation....

Le globe terrestre a été dans un état de fluidité : c'est un fait reconnu généralement.

A cet état de fluidité a succédé son état actuel.

La Minéralogie et la Géologie ont toujours été un des principaux objets de mes travaux.

1°. Mon premier ouvrage, *Principes de la Philosophie naturelle*, imprimé en 1778, et réimprimé en 1787, contient mes idées principales sur ces sciences.

2°. Je développai, dans un mémoire imprimé dans le Journal de Physique, en mai 1781, mon idée sur la *Cristallisation générale de la matière.* (Tome 17, page 258.)

3°. En 1792 je donnai une nouvelle édition du *Manuel du Minéralogiste*, ou *Sciagraphie de Bergman*, en deux volumes in-8°., dans lequel j'exposai ma division méthodique du règne minéral.

4°. En 1795 je publiai la première édition de ma *Théorie de la Terre*, en trois volumes.

5°. En 1797, c'est-à-dire deux ans après, je donnai une seconde édition de ma *Théorie de la Terre*, en 5 vol. in-8°. Le prompt débit de la première édition m'engagea à faire cette seconde.

6°. En 1800 je fus nommé, au collége de France, professeur adjoint pour la Minéralogie et la Géologie.

La nécessité où je me trouvai de donner les notions les plus récentes sur ces sciences, m'engagea à un nouveau travail sur ces matières.

7°. J'exposai le fruit de mes nouvelles recherches sur la Minéralogie et la Géologie dans différens mémoires imprimés dans le Journal de Physique.

8°. En 1811 et 1812 je réunis tous mes travaux sur la Minéralogie, tels que je la professe dans mes leçons, sous le nom de *Leçons de Minéralogie données au collége de France*, en 2 volumes in-8°.

9°. J'ai développé dans différens endroits du Journal de Physique, et particulièrement dans mes discours préliminaires, une multitude de vérités sur ces différentes parties.

10°. Je desire aujourd'hui de réunir également tous mes travaux sur la Géologie, et de les publier tels que je les enseigne, sous le nom de *Leçons de Géologie données au collége de France.*

Les progrès rapides qu'a fait cette partie de nos connaissances dans ces dernières années, m'engagent, comme professeur, à donner cet ouvrage, pour présenter, à ceux qui suivent mes leçons, l'état actuel de la science.

Ces réunions de nouveaux travaux dans chaque partie de nos connaissances ont le grand avantage de présenter

ce qui est *connu*, et de faire voir ce qui est *douteux* ou *inconnu* (1).

J'ai donc lieu de croire que ce nouvel ouvrage sera utile aux progrès de cette science.

DE LA FORMATION DES DIFFÉRENS CORPS QUI COMPOSENT L'UNIVERS.

Pour envisager la Géologie, ou la Théorie de la Terre, sous son vrai point de vue, il faut jeter un coup-d'œil général sur tous les corps existans. Car on ne peut connaître notre globe qu'en le comparant aux autres globes, dont il est un des plus petits. Ils paraissent tous composés d'une matière première, dont la nature est inconnue.

Chaque molécule de cette matière est *une* et indivisible. Elle est une *monade*, μωνος, un atome insécable α privatif, τωμι coupe.

Elle a une FORCE PROPRE, dont elle ne saurait jamais être dépouillée. C'est ce qui est constaté par tous les faits connus. Prenons, par exemple, les acides, les alkalis, les sels neutres.

Le sel ammoniac, par exemple, a peu d'activité. Mais si on verse sur ce sel de l'acide sulfurique, par exemple, l'acide muriatique est dégagé, et paraît avec toute sa force expansive ordinaire.

Triture-t-on, au contraire, ce sel ammoniac avec de la chaux vive, ou de l'alkali fixe caustique? L'alkali volatil est dégagé, et paraît avec toute sa volatilité ordinaire.

---

(1) Voir, à cet égard, ce que j'avais dit dans la première édition de ma *Théorie de la Terre*, tom. 3, pag. 448 et suivantes.

Cependant, lorsque l'acide muriatique et l'alkali ammoniacal étaient combinés, aucune de leurs qualités respectives ne paraissait. Leur activité mutuelle n'était donc que suspendue. Leurs forces étaient IN NISU. Car dans les deux expériences précédentes, aucune cause n'a pu leur donner une telle activité. Ce n'est pas la chaux qui a rendu l'activité à l'alkali ammoniacal : ce n'est pas l'acide sulfurique qui a donné l'activité à l'acide muriatique (1).

Les mêmes phénomènes s'observent dans toutes les combinaisons des corps. Dans celles, par exemple, de l'acide fluorique, dans le fluor, dans celles de l'acide nitrique.....

On doit donc reconnaître que les premières parties de matière, et leurs combinaisons premières, ont une FORCE PROPRE, qui en est inséparable. Elle ne s'aperçoit pas lorsqu'elle est *in nisu*; mais elle reparaît dès que la combinaison est brisée.

Cette force propre est la cause de tous les divers mouvemens des corps, soit impulsion, soit attraction, soit répulsion, soit action galvanique..... comme on le voit dans les phénomènes de l'électricité, du magnétisme (2).....

Un corps animé de cette *force propre*, et qui vient en choquer un autre, lui donne une *impulsion* sans perdre de son énergie, comme le fait un ressort qui se débande.

Mais cette impulsion communiquée peut se perdre, et se perd le plus souvent. Deux corps non-élastiques,

---

(1) Voir ma *Théorie de la Terre*, tom. 3, pag. 9.

(2) Voir mon Discours préliminaire du tome 80 du *Journal de Physique*, pag. 59, et celui du tome 82.

comme des masses égales d'argile molle, de sel ammoniac.... qui se choquent dans des directions opposées... perdent tous leurs mouvemens. Leur impulsion est donc détruite. Cette *force* d'impulsion ne subsiste plus.

Mais la *force propre* des parties d'ammoniac subsiste ; elle ne se détruit point.

On doit donc bien distinguer la *force propre* de la *force communiquée*.

Quelle est la nature de cette FORCE PROPRE?

Quelle est la nature de CETTE FORCE COMMUNIQUÉE?

Nous l'ignorons.

Quelle est la nature de la matière première ?

Nous l'ignorons. Nous verrons que quelques analogies pourraient faire soupçonner qu'elle est la matière nébuleuse, l'*akasch*.

L'ensemble de cette matière première, avant son arrangement pour former le *κωςμος cosmos*, le monde, avait reçu différens noms chez les anciens.

Les Hébreux l'appelaient *tohu bohu*, GENÈSE.

Les Grecs l'appelaient *chaos*. Théogonie d'Hésiode.

Les Latins la désignaient sous le nom de *rudis indigesta que moles*. Ovide, Métamorphose, lib. 1.

Mais quelle que soit cette matière première, elle s'est arrangée et co-ordonnée par sa *force propre*, suivant les lois des affinités. Elle a formé, par une cristallisation générale, tous les corps existans (1).

---

(1) Voir mes Principes de la philosophie naturelle, publiés en 1778 ; mon Mémoire sur la cristallisation générale de la matière, *Journal de Physique*, tom. 17, pag. 258 ; ma Théorie de la terre, tom. 3.

Mes vues sur l'action galvanique, *Journal de Physique*, tom. 76 et 77.

Les grands globes, ou les astres, ont été formés les premiers; et ensuite, sur ces globes, d'autres corps moins considérables, par exemple, sur notre globe, des minéraux, des végétaux et des animaux. L'analogie nous dit que sur les autres globes ont été également formés des corps qui ont plus ou moins d'analogie avec ces derniers.

Les grands globes paraissent de deux natures : les uns sont lumineux, tels que les soleils.

Les autres sont opaques, tels que les planètes....

Tous ces corps ont été formés par cristallisation....

Sans entrer dans tous les détails de la cristallographie, que j'ai exposés dans mes leçons de Minéralogie, (tome 1), il suffit de rappeler que les phénomènes de la cristallisation sont dus à deux causes principales :

1°. La figure des parties premières de la matière.

2°. La force d'affinité.

DE LA FIGURE DES PARTIES PREMIÈRES DE LA MATIÈRE.

La figure des parties premières de la matière doit sans doute varier dans chacune d'elles, d'après le *principe des indiscernables*, ou *la loi de continuité*, puisque les corps existans diffèrent tous les uns des autres. On ne voit pas deux feuilles d'arbre semblables, deux grains de sable semblables.....

Plusieurs physiciens, tels que *Descartes*, *Werner*, *Wollaston*, *H. Davy*.... ont supposé que la figure des premières parties de la matière était sphérique, ou à peu près sphérique. Car, disent-ils, l'expérience prouve que les corps n'agissent et ne peuvent se combiner que lorsqu'ils sont à l'état de fluidité. Or, les molécules des

corps fluides paraissent constamment sphériques, ou curvilignes. Ils ont fait voir que des molécules sphériques pouvaient former tous les corps.

Quatre molécules rangées dans un certain ordre forment un tetraèdre.

Six de ces molécules forment un octaèdre.

Huit de ces molécules forment un cube....

En supposant toutes les parties premières de matière spériques, on a calculé quel serait le rapport du plein au vide.

Lesage, de Genève, a fait voir qu'en supposant ces molécules sphériques de même volume, le plein serait au vide comme 27 à 20, ou plus exactement, le plein serait 65201, et le vide serait 48280.

Mais on doit supposer que les diamètres de ces molécules seraient inégaux, et qu'elles ne sont pas de la même grosseur, ce qui donnerait d'autres résultats.

Au reste, cette hypothèse de la sphéricité des premières parties de matière ne paraît pas sans difficulté. On la compare à des molécules fluides. Or, ces fluides sont déjà des composés.

Mais quelles qu'aient été les figures de ces parties premières, elles ont formé les molécules *primitives*.

Ces molécules primitives, en se combinant, ont formé les molécules *élémentaires* des corps.

Ces molécules élémentaires, en se combinant, ont formé d'autres molécules, qu'on a appelées *intégrantes*. Celles-ci paraissent être des lames : au moins ont-elles été reconnues comme des lames par Newton et tous les physiciens les plus instruits.

Ces lames peuvent se réduire à trois principales :

La lame triangulaire ;

La lame rhomboïdale ;

La lame rectangulaire.

Mais la lame rhomboïdale et la rectangulaire peuvent être divisées par des diagonales, et se rapporter à la triangulaire, comme je l'ai fait voir (Sciagraphie, t. 2). Ainsi, en dernière analyse, toutes les lames peuvent être supposées triangulaires. Elles ont, néanmoins, chacune de légères différences.

DES AFFINITÉS CHIMIQUES.

Deux opinions principales divisent aujourd'hui les physiciens, sur les causes générales des combinaisons des corps (1).

Les uns supposent que toutes les forces proviennent d'une impulsion première, qui a sa source dans la FORCE PROPRE des premières parties de matières dont nous venons de parler. Je partage cette opinion.

Les autres supposent des forces *attractives* et *répulsives*.

Les philosophes, de la plus haute antiquité, observèrent que certains corps s'attiraient, et d'autres paraissaient avoir une force opposée, ou de répulsion (2); ainsi, deux molécules d'huile, placées l'une à côté de l'autre, s'attirent et se réunissent, tandis qu'une molécule d'huile et une molécule d'eau, placées dans les

---

(1) Voyez mon Mémoire sur les Affinités, *Journal de Physique*, tome 71, page 409.

(2) *Hæc autem illi* (Empedocli), *visa sunt ac placita elementa esse quatuor, ignem aquam aerem, terram, amicitiam quæ qua copulentur, et discordiam qua dissideant :*

Non numquam connectit AMOR *simul omnia rursus*
Non numquams jejuncta jubet CONTENTIO *ferri.*

DIOGEN., LAERT. in vita Empedoclis.

mêmes circonstances, s'éloignent. *Empedocle* disait que l'Univers était coordonné par deux forces, dont l'une était l'Amour, φιλωτες, *Philotes;* et l'autre, la Discorde νεικος, ναικος.

Ces deux forces ont été désignées, postérieurement, par les mots d'*affinité*, ou d'*attraction*, et de *répulsion*. « Quand on observe la grande expansion des fluides » élastiques, dit *Newton*, on ne peut en expliquer la » cause, qu'en supposant entre leurs particules une » *puissance repoussante*, qui les écarte les unes des » autres ». Optiq. quest. XXXI, page 566.

« Et sur ce pied-là, la nature se trouvera très simple, » et très-conforme à elle-même, produisant tous les » grands mouvemens des corps célestes, par l'attraction » d'une pesanteur réciproque entre ces corps, et » presque tous les petits mouvemens de ses particules » par quelques autres puissances attractives et répul- » sives, qui sont réciproques entre ces particules ». *Ibid.* page 568.

Les chimistes modernes ont cherché à apprécier ces forces, et ont construit des tables, dans lesquelles ils exprimaient les différens degrés d'affinité des divers corps, les uns pour les autres. *Geoffroy* a, je crois, donné la première.

Ces tables ont présenté un si grand nombre d'anomalies, qu'on n'en fait plus d'usage.

Mais quelle est la cause de ces forces d'affinité et de répulsion? quelles en sont les lois?

Quelques savans ont supposé que la force d'affinité est en *raison des masses*, ou des quantités de substances qui agissent les unes sur les autres. Telle matière qui n'agirait point sur une autre, si elle ne lui était présentée qu'en petite quantité, exerce sur elle de

l'action, quand elle lui est présentée en plus grande quantité.

Newton prouva que tous les corps célestes agissaient les uns sur les autres, et s'attiraient en raison directe des masses, et de l'inverse des carrés des distances.

Il admit la même attraction entre les particules des corps terrestres; car, en parlant de la dureté des corps terrestres, il dit : « J'aime mieux conclure de la cohé-» sion des corps, que leurs particules s'attirent mutuel-» lement par une force, qui, dans le contact immédiat » est extrêmement puissante, qui, à de petites distances, » produit les opérations chimiques mentionnées ci-» dessus, et qui, à de fort grandes distances des parti-» cules des corps, n'agit point, du moins, par des » effets sensibles ». *Ibid*, page 555.

Newton n'osa s'expliquer sur la nature de ces forces; il dit cependant qu'elles pouvaient provenir de l'impulsion, *quam ergo attractionem appello fieri potest ut ea efficiatur impulsu, vel aliqua causa nobis ignota.* Opt. quest. XXXI.

Quelques-uns de ses disciples, et particulièrement *Maupertuis*, ont avancé que ces forces, l'*attraction* et la *répulsion*, étaient des forces particulières, indépendantes de l'impulsion; mais cette opinion n'est pas fondée.

On a encore supposé que cette attraction entre les corps terrestres à petites distances, pouvait être en raison des cubes, ou d'autres puissances de ces distances.

D'autres physiciens, tels que *Buffon*, n'ont pas admis ces dernières parties de la doctrine de *Newton;* ils ont tâché de prouver que ces attractions particulières, dans les petites distances, suivaient également la loi générale de l'attraction, dans les grandes distances, et qu'elles

agissaient pareillement en raison directe des masses, et de l'inverse des carrés des distances; mais cette attraction est modifiée par la figure des molécules des corps.

« Les lois d'affinité, dit *Buffon* (Seconde Vue de » la Nature, page 16, édition *in*-12, tome 26), par » lesquelles les parties constituantes de ces différentes » substances, les corps terrestres, se séparent les unes des » autres pour se réunir entre elles, et former des ma» tières homogènes, sont les mêmes que la loi générale » par laquelle tous les corps célestes agissent les uns sur » les autres; elles s'exercent également, et dans les » mêmes rapports des masses et des distances. Un glo» bule d'eau, de sable, ou de métal, agit sur un autre » globule, comme le globe de la terre agit sur celui de » la lune; et si jusqu'à ce jour l'on a regardé ces *lois* » d'*affinité* comme différentes de celles de la *pesanteur*, » c'est faute de les avoir bien connues, bien saisies; » c'est faute d'avoir embrassé cet objet dans toute son » étendue. La FIGURE, qui, dans les corps célestes ne » fait rien, ou presque rien, à la loi de l'action des uns » sur les autres, parce que la distance est très-grande, » fait, au contraire presque tout, lorsque la distance » est très-petite, ou nulle; si la lune et la terre, au » lieu d'une figure sphérique, avaient toutes deux celle » d'un cylindre court, et d'un diamètre égal à celui de » leurs sphères, la loi de leur action réciproque ne serait » pas sensiblement altérée pour cette différence de » figures, parce que la distance de toutes les parties » de la lune et celles de la terre, n'aurait aussi que peu » variée; mais si ces mêmes globes devenaient des » cylindres très-étendus, et voisins l'un de l'autre; la loi » de l'action réciproque de ces deux corps paraîtrait » fort différente, parce que la distance de chacune de » leurs parties entre elles, et relativement aux parties de

» l'autre, aurait prodigieusement changée; *ainsi, dès*
» *que la figure entre comme élément dans la distance,*
» *la loi paraît varier, quoique au fond elle soit la*
» *même* ».

La figure des atomes qui s'attirent, fait donc autant, et plus que la masse, pour l'expression de la loi que suit l'attraction, cette figure entrant alors pour beaucoup dans l'élément de la distance.

Buffon a dit tout ce qu'on peut dire pour faire rentrer les lois des affinités chimiques dans celles de l'attraction générale, en ayant égard bien plus à la FIGURE des molécules constituantes des corps, qu'à leurs MASSES; il est évident, que si on suppose plusieurs molécules triangulaires, ou tetraèdres, par exemple, de mêmes masses se combiner pour former différens corps; que les unes se réunissent par les arrêtes, ou bords de leurs faces, comme on l'a supposé pour la formation de quelques octaèdres; et que dans d'autres corps ces molécules tetraèdres se réunissent par leurs faces triangulaires.... elles exerceront les unes sur les autres des attractions différentes; par conséquent, les affinités de ces molécules, les unes pour les autres, ne seront plus les mêmes : quand même on supposerait d'ailleurs tout égal entre ces molécules pour la *masse* et le *volume*.

Car, dans ces petits corps ou molécules, l'attraction n'a de force qu'au point de contact, ou à peu près, à cause de l'attraction prépondérante du globe terrestre. Ce n'est dont pas la *masse* de ces molécules, ou leur quantité de matières qui serait la cause principale de la force de leurs affinités; mais plutôt leurs juxtapositions différentes sur leurs angles solides, sur leurs arrêtes, ou sur leurs faces, parce que les centres de la masse de deux de ces molécules, sont alors plus ou

doit avoir surtout égard aux atmosphères du fluide électrique ou galvanique.

Francklin, et tous les physiciens, conviennent que chaque corps terrestre est continuellement dans un état d'électricité, ou de galvanisme, soit positif, soit négatif. Nous avons vu que tous les corps sont ou *positivo-galvaniques*, ou *negativo-galvaniques.*

Les corps *positivo-galvaniques* attirent les corps *négativo-galvaniques.* Ces corps ont donc de l'affinité les uns pour les autres. Par conséquent, plus un corps a de galvanisme positif, plus considérable est son affinité pour un autre corps dont le galvanisme est négatif. Ainsi, les acides, par exemple, l'oxigène.... ont un galvanisme positif. puisqu'ils passent constamment au pôle positif. Les alkalis, au contraire, ont un galvanisme négatif, puisqu'ils passent constamment au pôle négatif. Ces différens états de galvanisme sont la cause de la grande affinité que ces corps ont les uns pour les autres.

Les corps, au contraire, qui jouissent du même état de galvanisme, n'ont point d'affinité ou n'en ont qu'une très-faible. Les alkalis, par exemple, ont un galvanisme négatif. Les métaux ont le même état négatif de galvanisme. Aussi, les métaux et les alkalis ont peu d'affinité.

J'ai conclu de ces faits (Journal de physique, tom. 82, pag. 87) que *l'action galvanique est la principale cause des affinités chimiques.*

L'action des tuyaux capillaires ne doit pas être négligée dans le jeu des affinités.

Ces affinités sont encore modifiées par les figures des molécules des corps, ainsi que nous venons de le démontrer.

DES ÉLÉMENS DES CORPS.

Ces principes rappelés, examinons les phénomènes que nous pouvons supposer, d'après nos connaissances actuelles, avoir eu lieu, lors de la formation des principes appelés *élémens*.

Toutes les parties premières de matières sont unes, indivisibles. Elles ont été dénommées *atômes*, *monades*, (de μωνως, *monos*, un), par plusieurs philosophes.

Elles ont chacune une FORCE PROPRE, qui en est inséparable. Cette force les tenait, dans les commencemens, IN PRINCIPIO RERUM, dans un mouvement continuel. Elles s'agitaient, s'éloignaient, se rapprochaient.... Enfin, elles se combinèrent.

Ces *premières combinaisons* formèrent des premiers composés, que nous supposons *simples*, et que j'appelle *molécules primitives*. Ils étaient à l'état aériforme, tels que les fluides éthérés, le feu ou fluide calorique, le fluide lumineux, le fluide électrique ou galvanique, le fluide magnétique, le fluide nébuleux, le fluide gravifique.

Peut-être formèrent-elles également l'air pur, ou gaz oxigène, l'air inflammable, ou gaz hydrogène, l'air impur, ou gaz azote.... Mais ces trois gaz ne sont pas simples. L'air pur contient au moins du calorique, et les deux autres gaz sont peut-être les principes d'une substance métallique, l'*anmonium*.

De *secondes combinaisons* de la matiere première eurent lieu. Ce sont les molécules que j'appelle *élémentaires*, qui formèrent l'eau, les terres diverses, les substances métalliques, les alkalis, le carbone, le soufre, le phosphore... et toutes les substances qu'on regarde comme *élémens* sur notre globe.

Il est peut-être plus probable que ces dernières substances furent formées par les fluides éthérés et aériformes, dont nous venons de parler, qui se combinèrent entre eux. Peut-être quelques parties de la matière première se joignirent-elles à ces combinaisons des fluides éthérés et aériformes...

Ces divers composés primitifs, qu'on appelle *élémens*, dont nous ne connaissons que ceux de notre globe, et qui sont sans doute très variés dans les autres globes, conservèrent une portion de la FORCE PROPRE, laquelle ne se trouva pas toute en état de combinaison, et ils formèrent les molécules que j'appelle *intégrantes*, telles que les molécules du calcaire, du fluor....

Ces élémens ont une grande dureté, comme l'a vu Lucrece (Lib. 1).

Sed quæ sunt rerum primordia, nulla potest vis
Stringere; nam solido vincunt ea corpore demum.

Aucune force ne peut briser les élémens des choses; ils résistent à tous les efforts.

Newton, qui a adopté la plupart des principes de la philosophie de Leucippe et de Démocrite, ne s'en est pas écarté dans cette partie.

« Il me semble très-probable, dit-il, qu'au commen» cement, la matière était en *molécules massives*, *dures*, » *impénétrables*, *mobiles*; que ces particules primitives » sont incomparablement plus dures qu'aucun des corps » poreux qui en sont formés, et si dures, qu'elles ne » s'usent ni ne se rompent jamais. Car si elles venaient » à s'user, à se mettre en pièces, la nature des choses, » qui en dépend, changerait infailliblement. L'eau et la » terre, composées de vieilles parties usées, ne seraient » plus à présent de même nature, et contexture que » l'eau et la terre qui auraient été composées au com-

» mencement des particules entières; et par conséquent, » afin que la nature puisse être durable, l'altération des » êtres corporels ne doit consister qu'en différentes sé- » parations, nouveaux assemblages, et mouvemens de » ces particules permanentes. » Optique, question 31.

Ces élémens conservèrent une partie de leurs forces propres. Ils s'agitèrent, s'approchèrent, s'éloignèrent, se réunirent de nouveau.... Enfin il en résulta une cristallisation générale de toute la matière existante.

Ces premières cristallisations formèrent deux espèces de corps; les solides et les fluides.

Nous allons exposer les connaissances *actuelles* que nous pouvons avoir de celles de ces combinaisons qui ont formé notre globe. Les analogies que nous en tirerons nous conduiront à la connaissance de la formation des autres globes.

On m'a demandé quel était, suivant moi, ce mouvement des parties premières de matières, quelles étaient leurs forces, la direction de ces forces.... pour opérer cette cristallisation générale.

Ma réponse est simple. J'ignore absolument le mode dont a été produit ce grand phénomène. Mais je vois que, lorsque je mêle dans un vase très-étendu un grand nombre de substances qui ont entr'elles différentes affinités, telles que celles qui se trouvent dans les lessives des salpêtriers (1), toutes ces substances se réunissent

(1) Les eaux des plâtras des salpêtriers, à Paris, dit Thenard, tom. 2, pag. 511, contiennent, sur cent parties de substances salines :

Nitrate de potasse.	10
Nitrates de chaux et de magnésie.	70
Muriate de soude.	15
Muriates de chaux et de magnésie.	5
Sulfate de chaux, un atome.	

chacunes à part, en suivant les choix d'élection ; et cristallisent séparément.

Les substances qui, sur notre globe, forment les pierres des terrains primitifs, tels que les quartz, les feldspaths, les micas, les hornblendes, les stéatites, les serpentines.... cristallisent chacune séparément de la même manière.

Les substances métalliques se réunissent également de leur côté, et cristallisent aussi séparément.

Comment s'opèrent ces combinaisons ? Je l'ignore. Mais le fait est général et constant ; c'est tout ce que nous pouvons dire dans ce moment.

Regardons de même la réunion des premières parties de matière, comme celle des diverses substances salines, qui sont dans le cristallisatoire du salpétrier. Elles se combinèrent par des forces semblables, et opérèrent cette cristallisation générale dont nous parlons. Toutes les difficultés qu'on pourrait élever à cet égard, se résoudront par cette comparaison : on ignore la cause qui fait réunir plusieurs acides et plusieurs bases mis dans un même vase, et en fait cristalliser séparément les diverses combinaisons ; mais *le fait est certain.*

Ces cristallisations ont pu s'opérer de diverses manières.

1°. *Par la voie aériforme*, tel paraît être le moyen qui produit les *météorolites*....

La rubine d'arsenic, ou arsenic sulfuré, le cinabre, ou mercure sulfuré, le soufre, le muriate d'ammoniaque.... cristallisent, par sublimation, dans un air très-raréfié, qu'on peut regarder comme une espèce de vide.

2°. *Les substances minérales peuvent cristalliser par une liquidité ignée.* Les métaux fondus, ainsi que le soufre, les pierres fondues, telles que le verre.... et

ensuite refroidis avec lenteur, affectent des formes régulières, ou cristallisent d'une manière confuse.

3°. *Ces mêmes substances tenues en dissolution dans un liquide aqueux, cristalliseut également, a.* soit d'une manière régulière, comme les sels, *b.* soit d'une manière confuse, lorsque le liquide cesse de les pouvoir dissoudre, comme les cristallisations en masse.... *c.* soit d'*une manière grenue*. Les salpétriers font cristalliser le salpêtre ou nitre d'une manière grenue pour la fabrication de la poudre à canon.

Toutes ces cristallisations s'opèrent suivant les lois des affinités.... Je supposerai donc que,

1°. La masse du globe terrestre a été formée par des substances *à l'état aériforme*, qui ont cristallisé.

2°. La croûte du globe a été formée par des substances qui ont cristallisé *dans les eaux*.

3°. Quelques substances ont pu cristalliser par la *liquidité ignée*, comme les substances volcaniques.

DE LA MATIÈRE PREMIÈRE, OU DE LA MATIÈRE NÉBULEUSES OU AKASCH.

Les astronomes avaient observé, dans le ciel, différentes nébulosités. Ils avaient surtout fixé leur attention sur la belle nébulosité d'*orion*, observée premièrement avec exactitude par Huyghens.

Herschel a fait, avec ses puissans télescopes, un nouveau travail très-précieux sur les nébulosités. Il pense qu'il existe une MATIÈRE NÉBULEUSE, fluide, subtile, qui se présente sous différens états (1), et qui est la matière première dont l'univers a été formé.

---

(1) Voir son Mémoire, *Journal de Physique*, tome 75, page 121.

Cette matière nébuleuse, dit-il, est primitivement DIFFUSE ; et dans cet état, elle constitue les *nébulosités* proprement dites.

Mais cette matière nébuleuse peut se *condenser* par un *pouvoir condensant*, qui lui paraît être la force générale de l'*attraction* : et alors elle se présente sous différentes formes.

Les noyaux. Lorsque la condensation est un peu considérable, elle forme, dans la nébulosité, des points plus ou moins brillans : il les appelle *noyaux.* Il en cite plusieurs exemples.

Les chevelures. La matière nébuleuse, dit Herschel, peut former des auréoles, qui sont moins brillantes que les noyaux. Ces auréoles ressemblent aux chevelures des comètes. C'est pourquoi il leur a donné le nom de *chevelures.*

Les nébuleuses étoilées. Si le noyau a un certain éclat, il lui donne le nom de nébuleuse étoilée, parce qu'il brille comme une petite étoile.

Les étoiles. Dans les étoiles, la matière nébuleuse, dit-il, est encore plus condensée, et elle a un éclat plus vif.

Les comètes. La matière nébuleuse, dans les comètes, a encore plus de condensation, et devient opaque ; mais à mesure que la comète approche du soleil, la matière redevient lumineuse.

Il a donné une description détaillée (*Journal de Physique*, tome 77, page 125.) de tous les phénomènes que lui a offert la belle comète de 1811. Il en a distingué le *corps planétaire*, l'*enveloppe* et la *queue.*

Les planètes. Dans les planètes, dit il, la matière nébuleuse a encore un plus grand degré de condensation. Elle peut être réduite à moins de la cent vingt-deux

millième partie de son volume, et elle acquiert alors de l'opacité.

Telles sont les principales assertions de Herschel; mais elles ne sont pas également fondées.

La matière nébuleuse existe : on la voit en plusieurs endroits dans le ciel. Les astronomes ont observé plus de huit cents nébulosités, qui diffèrent en étendue et en intensité de lumière.

Ce sont des faits incontestables.

Mais les effets qu'on attribue à cette matière nébuleuse, et les qualités qu'on lui suppose, ne sont pas également constatés.

Je vais rappeler ce que j'en ai dit, Journal de Physique, tome 76 et 77, dans mes *vues sur l'action galvanique*.

VUES SUR L'ACTION GALVANIQUE.

Les causes premières des grands phénomènes de la nature, ai-je dit, nous sont inconnues, et les savans ne possèdent, sur ces objets, rien qui puisse satisfaire un esprit raisonnable.

Néanmoins il est des faits découverts depuis un petit nombre d'années, qui me paraissent pouvoir jeter beaucoup de jour, sur les plus grands phénomènes qu'on observe parmi les êtres existans : ce sont ceux que présente la pile voltaïque.

DEUX CORPS HÉTÉROGÈNES MIS EN CONTACT DANS CERTAINES CIRCONSTANCES, SUR TOUT AVEC LE CONCOURS DE L'EAU AIGUISÉE DE QUELQUES SELS, SE GALVANISENT COMME DANS LA PILE (1).

---

(1) J'ai distingué quatre espèces de corps électriques :

a. Corps idio-électriques, électriques par eux-mêmes, par le frottement, tels que le soufre.

Il y a chaleur considérable;
Lumière;
Décomposition de combinaisons existantes;
Nouvelles combinaisons;
Atmosphère galvanique....

On distingue, dans la pile voltaïque, deux pôles; l'un positif, et l'autre négatif. Ce sont les phénomènes généraux du galvanisme.

Mais un des deux corps a ordinairement un degré de galvanisme plus considérable; je l'appelle *galvanico-positif*, ou *positivo-électrique.*

Celui qui a le galvanisme le plus faible, je l'appelle *galvanico-négatif*, ou *négativo-électrique.*

Les causes de ce galvanisme ne nous sont point encore connues.

Mais le phénomène lui-même est appuyé sur un si grand nombre d'expériences constantes, qu'on ne saurait le révoquer en doute.

J'ai proposé, pour l'explication des plus grands phénomènes, quelques vues fondées sur ces faits.

J'ai observé premièrement que la chaleur, le *feu*, ou le *calorique*, paraît être un des principaux agens de la nature; car, lorsque l'action de ce calorique est suspendue, comme dans les grands froids, tous les corps terrestres sont dans une espèce de repos; ils se

---

b. Corps an-électriques, non électriques par eux-mêmes, mais par communication, tels que les métaux.

c. Corps pyro-électriques, électriques par la chaleur, tels que la tourmaline.

d. Corps sunaphto-électriques, électriques par le contact, comme les substances métalliques, dans la pile, de συναφθεις Sunophteis, contact.

Leçons de Minéralogie, tome 1, page 25.

combinent, l'eau se congèle, ainsi que tous les fluides dont elle est la principale partie.

Secondement, l'action de ce calorique est entretenue à la surface de notre globe, principalement par la présence du soleil, par les rayons solaires.

Mais suivons les phénomènes que présente l'action galvanique.

Cette action a lieu entre tous les corps, qui sont à la surface de notre globe; c'est ce qui est constaté par un grand nombre d'expériences.

Des sels neutres, tels que les nitres, exposés à l'action de la pile, sont décomposés: l'acide passe au pôle positif, et la base au pôle négatif.

La potasse exposée à l'action de la pile est décomposée.

L'oxigène se dégage, et passe au pôle positif.

La potassium passe au pôle négatif.

La soude présente les mêmes phénomènes.

Les terres pures se comportent de la même manière, lorsqu'elles sont soumises à l'action de la pile.

L'oxigène se dégage, et passe au pôle positif.

Et les substances métalliques, par exemple, le barytium, le stromtium.... passent au pôle négatif.

. . . .

L'*oxigène* paraît donc un des corps terrestres, qui acquiert, au plus haut degré, les qualités galvaniques, puisqu'il passe toujours au pôle positif.

Par cette force galvanique, il exerçe une action considérable sur la plupart des autres corps.

Il doit donc être regardé comme un des grands agens de la nature.

Mais il n'est pas le principe des acides, ainsi que je l'ai toujours soutenu.

Car, plusieurs acides ne contiennent point d'oxi-

gène, tels que la chlorine, le fluorique, l'iodique, la prussique, l'ydrogène sulfuré, telluré.

D'autres substances, telles que la potasse, la soude, les terres.... contiennent de l'oxigène, et ne sont point acides, mais alkalines.

Enfin l'eau n'est point acide....

Le nom d'*oxigène*, *générateur des acides*, ne convient donc nullement à cette substance.

Mais ces faits démontrent l'action puissante, que l'action galvanique exerce sur les combinaisons de l'oxigène, des acides, des alkalis, des terres, des substances métalliques : or, on sait que ces substances composent la majeure partie de notre globe.

La plus grande partie des autres phénomènes qui ont lieu entre les corps terrestres, doivent être également considérés comme des effets résultans de l'action galvanique de ces différens corps hétérogènes les uns sur les autres.

Le fer et le soufre mélangés et humectés d'eau, s'échauffent, et quelquefois s'enflamment, comme dans la fameuse expérience de Lemery : ces effets sont dus à l'action galvanique, que ces deux substances exercent l'une sur l'autre par l'intermédiaire de l'eau.

L'inflammation des pyrites, sur-tout exposées à un air humide, est due à la même cause.

Les sulfures d'argent se décomposent également ; mais il n'y a pas inflammation : le soufre se volatilise, et l'argent reparaît à l'état d'*argent natif*.

La même chose a lieu dans les sulfures de cuivre d'antimoine, de tellure, de bismuth.... et on retrouve les métaux à l'état natif.

Les pyrophores, exposés à un air humide, s'enflamment par la même action galvanique, que leurs principes hétérogènes exercent les uns sur les autres.

Les diverses espèces de fermentations paraissent également des effets de l'action galvanique; ils sont constamment accompagnés de mouvemens dans les corps, qui fermentent, d'une chaleur plus ou moins considérable, de décomposition d'une partie des combinaisons existantes, de composition de nouvelles substances.

La chaleur, dans la fermentation, est quelquefois assez intense pour produire inflammation; des meules de foin humide, fermentent, s'échauffent, et quelquefois s'enflamment.... on en a plusieurs exemples.

Du chanvre, du lin, des étoffes.... imbibées d'huile, s'échauffent, et souvent s'enflamment; ce sont des faits qu'on observe souvent dans les magasins de marine.

De la suie mélangée avec de l'huile s'enflamme également.

Tous ces effets, dont on n'a encore pu assigner les causes, sont dus à l'action galvanique, que les différentes parties hétérogènes de ces corps qui fermentent, exercent les unes sur les autres : le concours de l'eau y contribue beaucoup de la même manière que dans la pile; il y a étincelle et combustion....

Cependant les piles sèches de Deluc, de Zemboni, prouvent que l'eau n'est pas toujours nécessaire.

La plupart des phénomènes, qu'offrent les animaux et les végétaux, tels que l'irritabilité, l'excitabilité.... sont également produits par l'action galvanique, comme je l'ai prouvé dans mes *Considérations sur les êtres organisés.*

La chaleur des animaux doit encore être attribuée principalement à l'action galvanique; car, j'ai prouvé que l'oxigène, absorbé par l'inspiration, ne saurait produire qu'une petite quantité de cette chaleur, puisque cet oxigène, est celui de tous les gaz qui contient le moins de calorique, comme *Delaroche* et *Berard* l'ont

prouvé, et que d'ailleurs il n'y en a qu'une faible portion absorbée à chaque inspiration; l'action musculaire, d'ailleurs, a une grande influence dans ces phénomènes.

Or, j'ai fait voir (*Considérations sur les êtres organisés*, tome 2, page 40) que les mouvemens musculaires sont produits par l'action galvanique, que le système nerveux et le système musculaire exercent l'un sur l'autre.

Le système nerveux exerce la même action galvanique, sur toutes les autres parties du corps des animaux.....

Cet état galvanique des animaux est prouvé par des faits positifs.

Car, les commotions que donnent la turpille, le gimnote-électrique... proviennent de ce galvanisme.

Or, dans toute action galvanique il y a dégagement de chaleur.

Des phénomènes analogues ont lieu chez les végétaux. Leurs différentes parties hétérogènes se galvanisent.

Il y a production de chaleur;

Décomposition des principes existans;

Production de substances nouvelles;

. . . .

Ce galvanisme des végétaux est aussi prouvé par les faits.

Car l'étincelle que donne la capucine est un effet de ce galvanisme.

La chaleur brûlante de l'*arum*, dans le tems de sa floraison, en est un autre effet.

Les mouvemens des étamines de plusieurs plantes, ceux de la sensitive, de l'hédisarum, de la dionée... sont des phénomènes qui dépendent du galvanisme.

La fermentation, qu'éprouvent les liqueurs animales et végétales, contribue encore à la production de la chaleur chez les animaux et les végétaux.

Elle en décompose les principes existans, et en produit de nouveaux, les huiles, les résines, les acides...

L'action galvanique s'étend même sur toute la masse du globe terrestre, et par les mêmes causes.

Ce globe est composé de parties *hétérogènes*, qui forment différens *strates*, comme toutes les observations le prouvent. Ces parties se galvanisent, comme dans les piles voltaïques, et toute sa masse est galvanisée.

Cet état galvanique du globe est constaté par les faits. Car les physiciens regardent le globe comme un *magasin* d'électricité, qu'ils appellent le *réservoir commun*. Or, cette électricité de la masse du globe doit être regardée comme un effet de son galvanisme.

Ce galvanisme doit produire dans le globe une chaleur quelconque.

Il est une des causes de la température élevée dont il jouit à son intérieur.

Cet état galvanique du globe influe sur plusieurs phénomènes particuliers qui y ont lieu, tels que les commotions souterraines, l'inflammation et la combustion dans les volcans.... les productions de plusieurs substances minérales.

Le soleil doit, suivant les analogies, être regardé lui-même comme soumis à l'action galvanique.

Car il doit être regardé comme un corps composé de parties *hétérogènes*, formant *différens strates:* c'est ce qu'indiquent ses taches. Elles paraissent d'une nature différente de sa masse, puisqu'elles ne sont pas lumineuses. Or, ces parties *hétérogènes* doivent se galvaniser comme celles de la pile.

Cet astre peut donc être regardé comme un vaste

corps galvanisé. Le galvanisme, dans une aussi grande masse, doit être très-considérable. Il est comme une pile voltaïque très-puissante.

J'avais considéré (dans mes principes de la philosophie naturelle, tom. 2) le soleil comme un corps phosphorescent : car, disais-je, il est difficile, suivant les analogies, de supposer qu'il soit un corps en combustion, comme nos corps combustibles.

Qu'est-ce qui pourrait entretenir une telle combustion depuis un si grand nombre de siècles ? Où prendre la quantité d'air pur nécessaire à cette combustion? Quelle déperdition et quelle diminution de masse n'aurait pas éprouvé le soleil ?

Il faut donc regarder cet astre comme une immense pile voltaïque.

Il offre les mêmes phénomènes; car *H. Davy*, avec la pile voltaïque de l'institution royale, qui a cent-vingt-huit mille pouces carrés de surface, a obtenu des effets analogues ; la communication entre les deux pôles était établie par des charbons.

La lumière était si vive, qu'elle égalait et même surpassait celle du soleil.

La chaleur y était telle qu'un fil de platine y fondait comme un morceau de cire à la flamme d'une bougie. Le quartz, le saphir et les corps les plus réfractaires y étaient réduits en fusion....

Les rayons solaires doivent également, suivant les analogies, être considérés comme des corps galvanisés.

Ces rayons n'ont point de chaleur, ou au moins très-peu, lorsqu'ils arrivent sur notre globe. Car on sait que sur les montagnes élevées, la lumière du soleil est très-pure et très-vive, et cependant elle y a peu ou point de chaleur; car les neiges y sont perpétuelles, et n'y fondent point. Il y a des glaciers très-étendus qui ont des

vallées, comme la mer de glace, à la partie inférieure du Mont-Blanc.

Les corps terrestres doivent donc être considérés, par rapport aux rayons solaires, comme des corps *hétérogènes* à ces rayons; lorsque les rayons solaires viennent en contact avec ces corps terrestres, il s'opère la même action, que lorsque deux corps hétérogènes sont en contact, comme dans la pile.

Il y a galvanisme, chaleur plus ou moins considérable.

C'est l'origine de la chaleur que produisent sur notre globe les rayons solaires, et la présence du soleil.

Tous les autres globes, soit lumineux, comme les étoiles; soit opaques, comme les planètes; soit alternativement lumineux et opaques, comme les comètes à leur périhélie ou à leur aphelie, sont dans un état semblable de galvanisme, suivant les analogies; car on doit les supposer également composés de substances hétérogènes, formant différens *strates*.

Tous ces globes ont une chaleur propre quelconque, et une lumière qui leur est particulière, comme les soleils, quoique pas aussi considérable, telles que la *lumière cendrée*.

Car les globes dits *opaques* paraissent également jouir d'une lumière propre, produite par leur état galvanique.

Les *comètes*, à leur périhélie, sont lumineuses: on les croit même enflammées par la proximité du soleil: et, à leur aphélie, elles perdent leur lumière.

C'est que la chaleur augmente le galvanisme, et le froid le diminue, et même peut le faire disparaître, comme *Desseignes* l'a prouvé. Il a galvanisé des grenouilles, et les ayant placées dans des vases entourés de glace, leur galvanisme a diminué, et même a disparu.

(Journal de physique, tom. 73, pag. 23). Les comètes, à leur périhélie, sont donc lumineuses, et paraissent opaques à leur aphélie.

Les *planètes* elles-mêmes ont également un certain degré de lumière ou de nébulosité.

La *lune*, dans ses éclipses, laisse voir sa portion éclipsée, qui jouit d'une faible lumière appelée CENDRÉE. La même chose a lieu dans ses phases.

Vénus a également ses phases, et son corps paraît jouir d'une faible lumière ou lumière *cendrée*. *Schroeter* vient de le confirmer, ainsi que pour Mercure.

Il en est de même probablement de Jupiter et des autres planètes, et de la Terre elle-même.

Or, il est probable que cette lumière *cendrée* provient de l'état galvanique de tous ces corps, qui leur donne un éclat nébuleux.

Les astronomes attribuent, à la vérité, la *lumière cendrée* de la Lune, à la lumière de la terre réfléchie sur cet astre; mais cette supposition ne pourrait avoir lieu pour Venus et les autres planètes, ni pour les comètes.

La matière nébuleuse doit elle-même, vraisemblablement, son état lumineux au galvanisme; car on doit la supposer composée de parties *hétérogènes*, lesquelles, par conséquent, doivent se galvaniser. Il y aura donc lumière....

Cette matière nébuleuse acquière plus d'éclat par la chaleur, comme dans les comètes, lorsqu'elles s'approchent du soleil. C'est parce que nous avons vu que la chaleur augmente le galvanisme, et le froid le diminue.

D'autres faits viennent à l'appui de ceux-ci, pour prouver que l'état lumineux de la matière nébuleuse prévient de son état galvanique.

Le fluide électrique, se répandant dans un vaisseau

privé d'air par la machine pneumatique, donne une lumière diffuse, qui a beaucoup de rapports avec la matière nébuleuse.

Les aurores boréales répandent également une lumière diffuse, analogue à la matière nébuleuse. Or, celles de ces aurores qui sont proche de notre globe, sont regardées, par les physiciens, comme un phénomène électrique.

D'autres aurores boréales, qui paraissent éloignées de notre globe de deux ou trois cents lieues, suivant Mairan, paraissent être les effets d'une matière nébuleuse.

La lumière zodiacale est également un effet de la matière nébuleuse, ainsi que je l'ai fait voir *Journal de Physique*, tome 76, page 66.

Nous pouvons donc regarder l'état de la matière nébuleuse, comme très-analogue à celui de l'aurore boréale proche notre globe, à celui du fluide électrique dans des espaces privés à peu près d'air atmosphérique.

La phosphorescence des corps terrestres a également beaucoup d'analogie avec la matière nébuleuse, comme je l'ai dit dans le discours préliminaire de 1812, page 66, tome 76 du *Journal de Physique*.

Le brouillard sec qui, en 1783, couvrit, pendant plusieurs mois, une partie de l'Europe, pouvait bien être une espèce de matière nébuleuse; car il y avait beaucoup de rapports.... et tous les physiciens qui l'examinèrent, le regardèrent comme un phénomène électrique.

De nouvelles conséquences se déduisent de ces faits.

Tous les corps galvanisés sont, comme les piles voltaïques puissantes, environnés d'une *atmosphère galvanique*.

Les grands globes étant dans un état continuel de

galvanisme, doivent donc également avoir de puissantes atmosphères galvaniques.

Peut-être sont-ils également dans un état magnétique comme le globe terrestre, et ce magnétisme est également produit par les rayons lumineux.

Ces atmosphères remplissent les espaces intermédiaires entre ces grands corps.

Elles agissent sur tous les corps en raison des masses et de l'inverse des carrés des distances. C'est la loi générale de l'action de tous les fluides éthérés, l'électrique, le magnétique, le lumineux....

Cette action des atmosphères galvaniques paraît être la cause de la gravitation universelle; elle forme le fluide *gravifique* (Journal de Physique, tome 78, page 68) qui, par conséquent, est le même que le fluide électrique.

Cette matière nébuleuse, dont Herschel croit que le ciel et les astres ont été formés, paraît avoir été connue de quelques philosophes indoux (1); car Strabon, en parlant de l'Inde, lib. 15, dit: Il y a deux classes de philosophes, les *germanes* et les *brachmanes*. Ces derniers admettent, outre les quatre élémens, une cinquième substance qu'ils appellent AKASCH, dont ils disent que le ciel et les astres sont composés.

Et præter quatuor elementa quintam AKASCH *quædam naturam esse*, EXQUA CŒLUM ASTRA QUE CONSTANT.

Alexandre ayant fait passer à Aristote les ouvrages des brachmanes, celui-ci adopta leur opinion sur

(1) Comme je l'avais dit en 1805, dans mon ouvrage de la *nature des Êtres existans;* avant que Herschel eût publié son travail sur la *Matière nébuleuse*.

l'*akasch*, qu'il appelle ἐντελεχειων *entelechion*, c'est-à-dire, matière qui se meut continuellement. C'est ce que nous apprend Cicéron, *Tusculan*, lib. 1, § 10.

Aristotcles quintum genus adhibet, vacans nomine, sic et ipsum animum ἐντελεχειων entelechion appellat novo nomine, quasi quamdam continuatam motionem et perennem.

La plupart des philosophes de la Grèce admirent également comme principe cette cinquième substance. Ils la regardèrent, ainsi qu'Aristote, comme un esprit *animum*.

Ils furent plus loin, et dirent que les esprits étaient formés de cette cinquième substance. C'est ce que dit clairement Cicéron. *Tusculan.*

Sin autem est quinta quædam natura ab Aristotele primum inducta, hœc est DEORUM ET ANIMORUM.

Mais cette cinquième substance était, bien antérieurement à Alexandre et à Aristote, connue des anciens philosophes de la Grèce. Ils en avaient puisé la doctrine dans l'Inde même, qu'ils avaient visité.

Mais quelle est cette matière nébuleuse ? cet *akasch* ? Quelle est sa nature ?

Nous l'ignorons. La nature de toutes les substances nous est cachée : nous n'en connaissons que quelques effets.

Herschel a observé avec beaucoup d'exactitude cette matière nébuleuse. Il l'a suivi dans tous ses états. (Voir son mémoire, *Journal de Physique*, tom. 75, pag. 121, et les planches qui l'accompagnent.) Le résultat de ses observations l'a conduit à croire que *cette matière nébuleuse est la matière dont est construit le ciel*, c'est-à-dire tous les astres lumineux ou non lumineux.

Il a appuyé son opinion par les observations qu'il a faites de la belle comète qui parut en 1811.

Plusieurs physiciens soutiennent la même opinion, et pensent également que la matière nébuleuse a été la matière dont a été formé l'univers.

Le globe terrestre, étant un de ces astres, doit donc, suivant cette opinion, avoir été également formé de matière nébuleuse, et par conséquent tous les corps terrestres.

Dans cette opinion, on doit donc dire que la matière première, dont sont formés tous les corps existans, était primitivement à l'état nébuleux, ou a acquis cet état nébuleux avant de former ces corps.

Mais cette matière nébuleuse était-elle homogène et d'une même nature?

Il ne paraît pas que dans cette supposition elle eût pu former les divers élémens et des corps si différens.

Je l'ai donc plutôt supposé composée de différens principes hétérogènes, rendus nébuleux par la même cause (*Journal de Physique*, tome 76, page).

Elle ressemblerait, sous ce rapport, au fluide lumineux, composé de rayons hetérogènes qui, réunis, paraissent former un fluide homogène.

J'ai supposé différens rayons électriques (*Journal de Physique*, tome 78, page.)

Rayons idio-électriques.
Rayons anélectriques.
Rayons pyroélectriques.
Rayons sunaphto-électriques.
Rayons positivo-électriques.
Rayons négativo-électriques.

Cette matière nébuleuse, dans cet état, aurait-elle des qualités différentes de celles de la matière ordinaire?

Plusieurs philosophes ont supposé des *matières* de nature différente.

Euler supposait également des substances différentes de celles que nous connaissons ; et il dit :

« Quand nous réfléchissons sur la cause de la gravité, quoiqu'elle nous soit inconnue, il semble qu'on ne saurait la chercher que dans la pression d'un fluide extrêmement subtil, qui passe librement, même à travers les moindres pores des corps. Or, une telle pression agit toujours en raison des volumes ; donc, puisque le poids est aussi proportionnel à l'inertie, ou à la masse de chaque corps, il s'ensuivrait que la véritable étendue fût toujours proportionnelle à l'inertie, comme presque tous les philosophes l'ont cru jusqu'ici ; mais quelque fort que puisse paraître cet argument, il ne regarde que les corps terrestres sur lesquels agit la gravité, et par la même raison aussi, tous les corps grossiers dont sont formées les planètes, parce qu'elles sont soumises à la même loi de gravitation. Mais on n'en saurait rien conclure de certain à l'égard des *matières subtiles*, étendues par tout le monde, qui apparemment ne sont pas assujéties à la gravitation et qui en contiennent plutôt la cause.

» Rien n'empêche que *ces matières subtiles ne soient d'une* ESPÈCE DIFFÉRENTE *que les corps grossiers*, et qu'une certaine étendue vraie de ces matières subtiles ait beaucoup moins d'inertie qu'une certaine étendue vraie des matières grossières. Ce serait alors UNE AUTRE ESPÈCE DE MATIÈRE, *et peut-être y en a-t-il encore* PLUSIEURS ESPÈCES, dont chacune joint à la même étendue vraie, une inertie plus petite que les précédentes, de sorte que le dernier degré, où à une étendue ne conviendrait aucune inertie, serait une *étendue purement géométrique*, et un vide véritable ; mais sans admettre un tel vide, pourvu qu'on accorde DEUX ESPÈCES DE MATIÈRES, *dont l'une contienne, sous la*

même étendue, moins de masse ou d'inertie que l'autre, on est en état de lever toutes les difficultés qu'on fait ordinairement contre le système du plein ». (*Résistance des fluides*. Art. X, tom. VIII *des Mémoires des savans étrangers*).

Lambert suppose également différentes espèces de matières. (Mémoires de l'Académie de Berlin, 1768).

Les *atômes ultramondains*, de *Lesage*, seraient encore de la même nature.....

Mais, toutes ces hypothèses sont contraires aux idées reçues aujourd'hui, et aux faits connus ; la matière nébuleuse doit avoir, suivant les analogies, les mêmes qualités que celles de la matière ordinaire.

La prudence exige donc qu'on suspende encore son jugement sur toutes ces questions.

En résumant sur tous les faits que nous venons de rapporter, on peut conclure, en ne nous écartant pas des analogies, que :

1°. La matière première, dont est composé l'univers, peut nous paraître sous deux états différens, ainsi que nous l'apercevons, dans les comètes, à différentes époques.

a. La comète, à son périhélie, est lumineuse, et ressemble à la matière nébuleuse, comme l'ont fait voir, pour la comète de 1811, *Flauguergues* (Journal de Physique, tom. 73) et *Herschel*.

b. Mais la comète, en s'éloignant du soleil, à son aphélie, ne paraît plus sous l'état lumineux ou nébuleux, vraisemblablement, parce que le froid diminue son galvanisme. C'est la matière opaque.

2°. Cette matière à l'état nébuleux n'est pas homogène ; elle doit être, comme le fluide lumineux, composée de parties *hétérogènes*, dont sont formés les différens corps qui existent dans les astres divers, et sur

notre globe en particulier; mais nous n'avons jusques ici aucun moyen pour connaître les différentes parties de la matière nébuleuse, comme le prisme nous fait connaître les parties diverses de la matière lumineuse.

3°. Les molécules de cette matière nébuleuse ont une *force propre*. Elles se sont réunies par cette force propre, et ont cristallisé d'une manière générale pour former le Κοσμος, le *cosmos*, le monde.

Nous exposerons ailleurs quels ont été les produits de cette cristallisation.

Cette matière première, que nous supposons avoir été d'abord nébuleuse, a pu perdre de son éclat par la *condensation*, en se condensant par l'attraction.

Elle a pu postérieurement acquérir un nouvel éclat, et repasser à l'état diffus de nébulosité, par deux causes.

a. Par la chaleur, comme dans les comètes à leur périhélie.

b. Ou par une plus grande quantité de galvanisme ou d'électricité, comme dans quelques aurores boréales, dans la lumière zodiacale, dans le brouillard sec de 1783....

c. Ou par quelqu'autre cause qui ne nous est pas encore connue.

Le *brouillard sec*, par exemple, qui, en 1783, couvrit, pendant plusieurs mois, une partie de l'Europe. (Voyez-en la description par *Cotte*, dans le Journal de physique, tom. 23, pag. 201, et celle qu'en donnèrent *Toaldo* et *Lamanon*, même journal, tom. 24, pag. 1 et 8) était vraisemblablement une espèce particulière de nébulosité, produite par une cause qui ne nous est pas encore connue. Elle paraît dépendre du galvanisme. Plusieurs physiciens regardèrent ce brouillard comme un effet de l'électricité. *Lamanon* lui donnait le nom de *brouillard électrique*. (ibid.)

Les connaissances actuelles doivent le faire regarder comme une espèce de nébulosité.

Ces faits portent à croire que la matière première dont a été composé l'univers, était à l'*état aériforme.*

C'était l'opinion d'*Anaximènes.* « *Anaximènes* admit » l'air et l'infini, comme principes de toutes choses » dit *Diogène Laerce*, dans la vie de ce philosophe.

Il est probable que par *air*, *Anaximènes* entendait la matière à l'état aériforme. Il avait vraisemblablement puisé cette doctrine dans l'*Akasch* des Brachmanes.

Cette opinion me paraît très-probable.

DE LA FORMATION DE L'UNIVERS (1), PAR LA CRISTALLISATION GÉNÉRALE DE LA MATIÈRE EXISTANTE.

Toutes les parties premières de matières, agitées sans cesse par leur *force propre*, se rapprochèrent, se combinèrent, et formèrent des premiers composés qui furent les fluides éthérés, tels que le feu, le fluide lumineux, le fluide nébuleux, le fluide électrique, le fluide magnétique....

De secondes combinaisons formèrent les divers fluides aériformes, les gaz, l'oxigène, l'hydrogène, l'azote....

De troisièmes combinaisons, celle de ces airs ou gaz avec les fluides éthérés, formèrent les différentes espèces de terres, de métaux, le carbone, le soufre, le phosphore, l'eau.... et tous les premiers principes des corps terrestres.

---

(1) Κοσμος, *Cosmos*, Monde.
Cosmogonie, Genèse du Monde.

Ces différens composés primitifs (que nous connaissons sur notre globe, comme élémens) conservèrent plus ou moins d'activité. Ils se choquèrent, ils s'unirent un instant, s'éloignèrent le moment suivant, se réunirent de nouveau, et enfin résulta une CRISTALLISATION GÉNÉRALE de toute la matière existante. Elle s'opéra à différentes périodes, et forma l'univers.

Cette cristallisation s'opéra d'une manière à peu près analogue à celle qui a lieu dans de grands vases, où on met diverses substances qui agissent les unes sur les autres, telles que des acides, des alkalis, du soufre, des terres, des métaux.... chacune se combine avec celles qui ont de l'affinité avec elle.

Ces combinaisons ont formé deux espèces de corps, les *solides* et les *fluides*.

Dans cette cristallisation générale de la matière, les parties similaires se sont réunies, par la loi des affinités, dans les divers points de l'espace, et y ont formé différens *centres*. Ce sont les grands corps célestes.

Ils ne se sont pas réunis à des distances à peu près égales; mais ils se sont amoncelés çà et là par groupes. Leur nombre est si prodigieux, qu'on a de la peine à concevoir des bornes à l'univers.

Herschel a prouvé qu'il existe des étoiles de la 1342e. grandeur, dont la lumière ne parvient à la terre qu'en près de deux millions d'années.

Et il est vraisemblable qu'il y en a de plus éloignées, puisque plus les télescopes sont puissans, plus on en aperçoit dans la profondeur de l'espace.

Les molécules des corps solides se réunirent. Les parties qui avaient le plus de masse, gagnèrent le centre de ces réunions. C'est ainsi que se formèrent les étoiles, les planètes, les comètes,...

Les parties les plus légères surnagèrent, et formèrent

les fluides éthérés, savoir le lumineux, le calorique, le nébuleux, l'électrique, le magnétique, les fluides aériformes, l'oxigène, l'azote, l'hydrogène....

Ces fluides formèrent des atmosphères autour de ces grands corps, et remplirent les espaces intermédiaires.

Mais la cristallisation générale n'a pu s'opérer, qu'autant que cette matière première était dans un état de fluidité.

La figure, qu'ont tous les corps célestes, est une autre preuve de la fluidité première des élémens dont ils sont composés; car, cette figure est conforme à celle qui résulte des forces centrales, d'après leur mouvement de rotation.

Mais les liquides ont, dans leurs mouvemens, des lois particulières différentes de celles des corps solides, comme je l'ai fait voir (*Journal de Physique*, tome 28, page 283). Ces mouvemens ont dû influer sur cette cristallisation générale.

Dans cette combinaison des fluides, et cette cristallisation générale, il dut se dégager des quantités immenses de calorique....

Il était possible que les forces des molécules, qui ont formé les grands globles, fussent en général dans un parfait équilibre; pourlors la masse était dans un repos absolu, et n'avait aucun mouvement, ni de rotation, ni de progression, comme sont, par exemple, nos substances pierreuses, métalliques....

Si, au contraire, les forces de ces molécules n'étaient pas en général en équilibre, ce qui a lieu ordinairement, les masses n'étaient point en repos. Elles eurent un mouvement quelconque, comme, par exemple, nos corps liquides.

Si la direction générale des forces ne passait pas par le centre de ces grands globes, cette force leur don-

nait un mouvement de rotation sur eux-mêmes, sur des lignes qu'on appelle leurs axes, et ordinairement un mouvement de progression. Les molécules des liquides paraissent toutes avoir de pareils mouvemens de rotation.

J. Bernouilli a calculé les degrés de forces nécessaires pour faire tourner les planètes sur leurs axes; il les a supposées immobiles, et qu'un choc quelconque leur a été imprimé à une certaine distance de leurs centres, il a estimé cette distance à proportion de leurs rayons.

Pour Jupiter, à $\frac{7}{10}$ de son rayon.
Pour Mars, à $\frac{1}{418}$ de son rayon.
Pour la Terre, à $\frac{1}{60}$ de son rayon.

Je suppose donc que, lors de la cristallisation générale de la matière, et de la formation première des corps célestes, il y a eu inégalité de forces dans les parties dont ils ont été formés : les centres de ces forces se sont trouvés tels que *Bernouilli* les a supposés par un choc; elles ont imprimé à chacun de ces globes un mouvement de rotation sur son axe, analogue au mouvement de rotation des molécules de nos fluides....

Cet exposé des faits prouve que la formation de l'univers a été opérée (suivant les analogies), par cette *force*, des premières parties de la matière (nébuleuse), qui a produit une *cristallisation générale*.

Et l'ordre présent se conserve par la permanence de cette *force première*, qui est inséparable de la matière.

Comment cette force a-t-elle pu arranger les corps existans de la manière dont ils le sont? et les conserver dans le même ordre? nous l'ignorons. Mais certainement les combinaisons existantes sont une suite de cette cristallisation générale.

Cette difficulté est la même dans toutes les opinions; car, comme *Senèque* a dit :

Ille ipse omnium conditor, ac rector, scripsit quidem fata, sed sequitur, **SEMPER PARET, SEMEL JUSSIT.** Senèque (*de Providentia, cap.* v).

SEMEL JUSSIT : *il a ordonné une fois*, en donnant le mouvement premier, tel qu'il le fallait pour former l'Univers.

SEMPER PARET : il obéit toujours en laissant agir ce mouvement premier.

Dans l'autre hypothèse, on dira : la matière première avait *in principio rerum, le même mouvement*, que dans cette première hypothèse on suppose lui avoir été imprimé par un agent extérieur.

Et ce mouvement premier *continue d'agir.*

DE LA FORMATION DES GLOBES LUMINEUX.

De tous les objets que nous offre l'ensemble des êtres existans, les globes lumineux ou soleils, sont ceux qui nous frappent le plus; néanmoins nous en ignorons la nature.

Sont-ils des corps embrâsés ou des corps phosphoriques? ou d'immenses piles galvaniques?

J'avais supposé, en 1781 (*Journal de Physique*, tome 18, page 325; et dans mes *Principes de la Philosophie naturelle*, en 1787, tome 2), que la lumière du soleil pouvait être un effet des fluides phosphoriques analogue à l'éclat que nous offrent quelquefois les eaux de nos mers : car, la lumière du soleil ne produit peut-être pas de chaleur par elle-même. On sait que ses rayons, qui sont très-purs sur les hautes montagnes, y ont si peu de chaleur, qu'ils n'y fondent point la neige dont elles sont couvertes; ils n'acquèrent de la chaleur

qu'en traversant l'air atmosphérique. Mais de nouveaux faits m'ont fait adopter une autre opinion.

Les phénomènes galvaniques nouvellement observés, m'ont fait dire (*Journal de Physique*, tome 78, page 67), que les soleils doivent être regardés, suivant les analogies, comme d'immenses piles galvaniques formées de différens strates.

Car, *H. Davi*, avec la pile de l'institution royale, dont les plaques ont 128,000 pouces carrés, a produit la chaleur la plus intense que nous connaissions. La communication entre les deux pôles fut établie par le moyen de charbons; l'éclat de lumière des étincelles qui en sortaient était si vif, qu'il surpassait celui du soleil.

La chaleur y étoit si grande, qu'un fil de platine y fondait comme la cire à la flamme d'une bougie; des morceaux de quartz, de saphir, et de tous les corps qui sont regardés comme les plus réfractaires, y entrèrent promptement en fusion.

Enfin, je crois que les rayons du soleil n'acquèrent de la chaleur en traversant l'air atmosphérique, que parce qu'ils se galvanisent par leur contact avec les corps terrestres, qui leur sont hétérogènes.

Herschel a supposé, dans ses observations sur la matière nébuleuse (*Journal de Physique*, tome 75, page 121) que les soleils, ainsi que tous les astres, étaient composés de cette matière nébuleuse. Cette hypothèse me paraît plus vraisemblable que celle qui la suppose un corps embrâsé comme nos corps combustibles.

1°. Qu'est-ce qui pourrait entretenir une pareille combustion? et quelle déperdition de ces combustibles?

2°. Quelle quantité d'air pur faudrait-il pour entretenir cette combustion?

Cette matière nébuleuse serait, dans ces grands

globes, dans un état galvanique, qui la tient à un état lumineux....

Mais abandonnons ici ces recherches pour exposer les faits.

Le volume du soleil est 1,384,472 fois plus considérable que celui de la terre.

Sa masse est 351,886 fois plus considérable que celle du globe terrestre; par conséquent, sa densité est à peu près quatre fois moindre.

Notre soleil a sur son axe un mouvement de rotation, qu'on estime s'opérer, en vingt-cinq jours, dix-huit heures.

Il se meut dans une éclipse, dont le centre ne sort pas de sa masse. On n'en n'a pas encore calculé les élémens.

Notre soleil a encore un mouvement progressif vers la constellation de Hercule, par les deux cent soixante degrés d'ascension, et les vingt-sept degrés de déclinaison boréale.

Les étoiles paraissent avoir de pareils mouvemens, comme on l'a observé sur les principales étoiles *arcturus*, *aldebaran*....

Les étoiles paroissent être des corps absolument semblables à notre soleil. Elles brillent par leur lumière propre.

La lumière de quelques-unes paraît s'affaiblir pour quelques années : elle reparaît ensuite avec son éclat ordinaire

D'autres étoiles paraissent perdre entièrement leur lumière, telle que celle qu'on vit en 1572, dans la constellation de Cassiopée, briller du plus vif éclat pendant quelque tems. Sa lumière s'éteignit entièrement au bout de seize mois, et elle n'a plus reparu : elle ne changea

point de place. On peut donc supposer qu'il y a dans l'espace plusieurs étoiles semblables éteintes.

L'éloignement des étoiles est tel, que la lumière de *sirius*, qui est l'étoile qu'on suppose la plus rapprochée de nous, n'arrive à notre œil, suivant Herschel, qu'en six ans quatre mois et demi.

Mais Herschel a découvert, avec son grand télescope, des étoiles qu'il suppose être de la 1342e. grandeur, et dont la lumière ne parvient à nous, suivant lui, qu'en près de deux millions d'années.

Il a fait un grand travail sur les étoiles, qu'il a divisé en différens ordres.

1°. *Etoiles isolées.* Il donne ce nom à des étoiles qui sont aussi éloignées les unes des autres que l'est notre soleil de sirius ou d'arcturus.

2°. *Etoiles doubles.* Ce sont deux soleils, ou étoiles assez proches l'une de l'autre, mais assez éloignées d'autres étoiles pour n'en n'être pas influencées d'une manière sensible.

3°. *Etoiles triples, quadruples, quintuples et multiples.* Il faut dire des étoiles triples, quadruples, quintuples, la même chose que des étoiles doubles.

4°. *Des groupes d'étoiles.* Le groupe d'étoiles est une collection d'étoiles, dans laquelle elles sont entassées presque uniformément, sans que leur ensemble affecte aucune figure.

5°. *Pelotons d'étoiles.* Leur forme est ordinairement arrondie, et la compression des étoiles qui les composent, indique une accumulation graduée autour d'un centre.

6°. *Des nébulosités d'étoiles.* Ces objets curieux, qui, à raison de leur prodigieuse distance, ne peuvent être aperçus qu'avec des instrumens de la plus grande force, peuvent être ou des *amas*, ou des *pelotons*, ou des

groupes d'étoiles placées à une distance prodigieuse les unes des autres, ou de simples nébulosités.

7°. *Des étoiles à auréoles, ou des étoiles nébuleuses étoilées.* Elles ne sont peut-être que des pelotons d'étoiles, dont la lumière est tellement rassemblée vers le centre, qu'il en reste seulement dans le contour une portion qui forme l'auréole.

8°. L'auteur distingue encore différentes espèces de nébuleuses, les *nébuleuses lactées*, les *étoiles nébuleuses*, les nébuleuses *cométiques*, les nébuleuses *planétaires*.

9°. *La voie lactée* est un amas immense d'étoiles qui sont à une distance prodigieuse, et en nombre innombrable; car on en compte 351,000 entre β et γ du cygne.

On suppose que cette voie lactée est la nébuleuse, dont notre soleil, sirius et toutes les étoiles d'une certaine grandeur font partie.

L'auteur a conclu, de ce beau travail, que dans chaque nébuleuse il y a un centre d'attraction autour duquel gravite une multitude de soleils ou d'étoiles qui composent cette nébuleuse.

Ainsi notre soleil gravite autour du centre de sa nébuleuse, qui paraît être la voie lactée : c'est cette attraction qui le fait avancer vers la constellation de Hercule, en décrivant un épicicloïde.

On a remarqué de pareils mouvemens dans le plus grand nombre des étoiles.

D'où on a conclu qu'elles font toutes partie de différentes nébuleuses, qu'elles tournent autour d'un centre commun de chacune de ces nébuleuses.

Peut-être y a-t-il un centre universel d'attraction de toutes les étoiles, qui commande à ces nébuleuses elles-mêmes, c'est-à-dire à toutes les étoiles.

Ces nébuleuses sont placées à différentes distances les

unes des autres. Peut-être chacune de ces nébuleuses, comme la nôtre, qui paraît être la voie lactée, contient-elle plusieurs *milliards* d'étoiles, dit Laplace (*Exposition du Système du Monde*).

Le nombre des étoiles existantes est ignoré. Plus les télescopes ont de force ampliative, plus est considérable le nombre des étoiles qu'on aperçoit. On conçoit à peine les limites de l'univers.

DES ÉTOILES, OU SOLEILS QUI ONT PERDU LEUR ÉTAT LUMINEUX.

Plusieurs étoiles ont perdu leur lumière propre, comme nous venons de le dire. Dans la constellation de Cassiopée, il parut, en 1572, une étoile qui brilla avec un grand éclat, et disparut au bout de seize mois, sans paraître avoir changé de place.

Dans la constellation du Sagittaire, il parut, en 1604, une étoile qui eut un grand éclat, et disparut également...

Si de pareils phénomènes ont été observés pendant un petit nombre d'années, l'analogie doit faire conclure qu'ils ont été assez fréquens dans la suite des siècles qui se sont écoulés.

Il est donc probable qu'il y a dans l'espace un très-grand nombre de ces étoiles, qui ont perdu leur lumière. Peut-être le nombre de celles ci égale-il le nombre des étoiles lumineuses.

Tous ces faits ne peuvent être constatés que par les observations, que feront les astronomes dans la suite des siècles.

On suppose avec beaucoup de probabilité, suivant les analogies, que chacune de ces étoiles a, comme notre

soleil, un certain nombre de planètes et de comètes, qui circulent autour d'elle.

DE LA FORMATION DES PLANÈTES. ET DE LEURS SATELLITES.

Les planètes, et leurs satellites, sont des corps opaques qui circulent autour de notre soleil ; l'analogie dit qu'elles sont formées, comme notre soleil, d'une matière qui est nébuleuse ; mais leur galvanisme a moins d'intensité. Elles ne sont pas lumineuses ; leur lumière est seulement *cendrée*, et a différens degrés.

On connaît déjà onze principales planètes, Mercure, Vénus, la Terre, Mars, Vesta, Junon, Cérès, Pallas, Jupiter, Saturne, Uranus ; et dix-huit secondaires ou satellites, la Lune, quatre satellites de Jupiter, sept satellites de Saturne, six satellites d'Uranus et les anneaux de Saturne ; ces satellites tournent autour de leurs planètes.

L'analogie dit, que toutes ces planètes ont été formées à peu près à la même époque (1).

Il doit, suivant les analogies, exister des planètes et des satellites autour des autres soleils, ou étoiles.

Toutes les planètes de notre système solaire, tour-

---

(1) On sait qu'Ovide rapporte, dans le second livre des Fastes, que les Arcadiens prétendaient avoir existé avant la Lune, c'est-à dire, avant que la Lune fît partie de notre système planétaire; c'est pourquoi on les appelait Protolènes, Προστελονος, *Protolènes*, ou *Antélunaires.*

Ante jovem genitum terras habuisse feruntur
Arcades, et Luna gens prior illa fuit.

Cette opinion n'est pas fondée.

nent autour du soleil dans des ellipses peu allongées; ces ellipses deviennent même des épycicloïdes, parcé que le soleil lui-même se meut dans une ellipse, et a un mouvement progressif vers la constellation d'Hercule, ainsi que nous l'avons dit. Les ellipses, décrites par les planètes et comètes, se changent donc en épycicloïdes, analogues à la courbe que la Lune décrit autour de la Terre.

Les mouvemens des planètes s'opèrent autour de l'ecliptique, dans une étendue qu'on a appelé *Zodiaque*. Ceux des planètes primitivement connues ne s'éloignent, de chaque côté de l'eccliptique, que d'environ huit degrés; en sorte que la largeur du zodiaque n'était que de seizé degrés.

Mais les planètes nouvellement observées s'éloignent davantage de l'eccliptique. Pallas, par exemple, s'en éloigne de trente-cinq degrés; par conséquent la largeur du zodiaque est de soixante-dix degrés.

Je vais rapporter un précis des élémens connus des planètes.

Tems des révolutions des onze planètes principales autour du soleil.

Mercure.	87 jours.	23 heur.	14′	36″
Vénus.	227	16	39	4
La Terre.	365	5	48	48
Mars.	686	22	18	27
Vesta.	1335	13		
Junon.	1590	17		
Cérès.	1681	23		
Pallas.	1681	5		
Jupiter.	4332	12		
Saturne, 29 ans.	161	4	27	
Uranus, 83 ans.	29	8	39	

Les planètes secondaires se meuvent autour de leurs

planètes principales. Voici le tems de leurs révolutions :

La Lune.	27 jours.	17h.	43′	11″
1. Satellite de Jupiter.	1	18	27	33
2. Satellite.	3	13	13	41
3. Satellite.	7	3	42	32
4. Satellite.	16	16	32	8
Anneau de Saturne.	0	10	32	0
1. Satellite.	0	22	40	4
2. Satellite.	1	8	53	9
3. Satellite.	1	21	18	26
4. Satellite.	2	17	44	51
5. Satellite.	4	12	25	11
6. Satellite.	15	22	41	16
7. Satellite.	79	7	53	42
1. Satellite d'Uranus.				
2. Satellite.				
3. Satellite.				
4. Satellite.				
5. Satellite.				

On n'a pu calculer les mouvemens des satellites d'Uranus, ni leurs autres élémens.

On a calculé ensuite la distance des planètes principales au soleil. Voici les distances moyennes :

Mercure.	13.299.000 lieues.
Vénus.	24.351.885
La Terre.	34.357.480
Mars	52.350.340
Vesta.	81.530.300
Junon.	91.277.824
Cérès.	94.998.432
Pallas	95.891.726
Jupiter	178.692.550
Saturne.	327.748.720
Uranus.	655.602.600

Les distances moyennes des satellites à leurs planètes principales, sont

La Lune.	86.351 lieues.

1.	Satellite de Jupiter.	188.000 lieues.
2.	Satellite.	140.000
3.	Satellite.	222.000
4.	Satellite.	400.000
	Anneau de Saturne.	9.520
1.	Satellite.	46.000
2.	Satellite.	59.000
3.	Satellite.	70.000
4.	Satellite.	90.000
5.	Satellite.	130.000
6.	Satellite.	300.000
7.	Satellite.	900.000
1.	Satellite d'Uranus.	105.000
2.	Satellite.	140.000
3.	Satellite.	
4.	Satellite.	
5.	Satellite.	
6.	Satellite.	

Les diamètres respectifs de tous ces corps sont :

Le Soleil.
Mercure.
Vénus.
La Terre.
Mars.
Vesta.
Junon.
Pallas.
Cérès.
Jupiter.
Saturne.
Uranus.
La Lune.

1. Satellite de Jupiter.
2. Satellite.
3. Satellite.
4. Satellite.

Anneau de Saturne.

1. Satellite.
2. Satellite.

3. Satellite.
4. Satellite.
5. Satellite.
6. Satellite.
7. Satellite.

1. Satellite d'Uranus.
2. Satellite.
3. Satellite.
4. Satellite.
5. Satellite.
6. Satellite.

Le volume respectif de tous ces corps, est

Le soleil.	1.384.472.
Mercûre.	0.064.558
Vénus	0.890.250
La Terre.	1.000.000
Mars.	0.100.000
Vesta.	
Junon.	
Pallas.	
Cérès.	
Jupiter.	1.281.000.000
Saturne.	9.94.900.000
Uranus.	80.490.000
La Lune.	0.020.360

1. Satellite de Jupiter.
2. Satellite.
3. Satellite.
4. Satellite.

Anneau de Saturne.

1. Satellite.
2. Satellite.
3. Satellite.
4. Satellite.
5. Satellite.
6. Satellite.
7. Satellite.
1. Satellite d'Uranus.
2. Satellite.
3. Satellite.

4. Satellite.
5. Satellite.
6. Satellite.

La masse de tous ces grands corps, est

Le Soleil.	351.886.
Mercure.	0.168.800
Vénus.	0.950.000
La Terre.	1.000.000
Mars.	1.102.500
Vesta.	
Junon.	
Pallas.	
Cérès.	
Jupiter.	330.600.000
Saturne.	103.690.000
Uranus.	17.740.000
La Lune.	0.015.107
1. Satellite de Jupiter.	0.000.068
2. Satellite.	0.000.024
3. Satellite.	0.000.006
4. Satellite.	0.000.005
Anneau de Saturne.	
1. Satellite.	
2. Satellite.	
. . . .	

Les masses de l'anneau de Saturne, de ses satellites et de ceux d'Uranus, n'ont pas été calculées.

L'inclinaison des orbites, des planètes, sur le plan de l'eccliptique, est

Mercure.	7°	0′	0″
Vénus.	3	23	35
Terre.	0	00	0
Mars.	1	51	0
Vesta.	7	8	46
Junon.	13		
Cérès.	10	37	
Pallas.	35	0	

Jupiter.	1°	18′	56″
Saturne.	2	29	59
Uranus.	0	46	20

Les planètes et leur satellites se meuvent suivant l'ordre des signes d'Orient en Occident.

Elles sont situées dans une zone parallèle à l'ecliptique, et nommée *Zodiaque*. La largeur du zodiaque paraît être aujourd'hui de soixante-dix degrés.

Elles ont toutes un mouvement de rotation autour de leurs axes.

Les planètes paraissent composées, comme le globe terrestre, de différentes substances. Cette opinion est assez généralement adoptée.

Ces substances doivent y former, suivant les analogies, différens *strates*, comme dans le globe terrestre.

Ces strates se galvanisent également; c'est ce qui produit la lumière cendrée.

Mais dans le système d'Herschel, elles seraient composées de la matière nébuleuse très-condensée, au point de devenir opaque.

Quand aux quatre petites planètes, Cérès, Pallas, Vesta et Junon, que Herschel appelle Astéroïdes, on suppose qu'elles sont les débris d'une grosse planète qui existait entre Mars et Jupiter.

J'ai supposé qu'elle avait pu être brisée par de fortes commotions électriques, analogues à celles avec lesquelles *Nelis* brise de forts cylindres d'acier.

DE LA FORMATION DES COMÈTES.

Les astronomes regardent les comètes comme des astres de la même nature que les planètes.

Newton croyait que les comètes que nous apercevons appartenaient à notre système solaire, et qu'elles ne différaient de nos planètes, que parce qu'elles circulaient autour du soleil dans des ellipses plus allongées, et dans des plans différens du Zodiaque.

Lambert, et plusieurs géomètres, ont embrassé une opinion différente ; ils pensent aujourd'hui que les comètes ne font pas partie de notre système solaire; ce sont, disent-ils, des astres, qui passent d'un système solaire à un autre; les courbes qu'elles décrivent peuvent être, ou des ellipses très-allongées, ou des paraboles, ou même des hyperboles....

Et ces astres ne sont visibles pour nous, disent-ils, que lorsqu'ils entrent dans notre système solaire, et qu'ils sont à une certaine distance de la Terre : leur apparition n'est pas de longue durée.

L'opinion de *Newton* me paraît plus conforme aux faits.

Les géomètres ont épuisé toutes les ressources du calcul, pour déterminer la nature des courbes que ces astres décrivent, et la durée de leurs révolutions, ou leurs années; ils ont cru reconnaître que la comète qui parut en 1680 achevait sa révolution en 575 ans, et qu'elle était la même qui avait paru en 1106, en 531, ensuite 44 ans avant l'ère vulgaire, puis en 619, en 1194, en 1769, et enfin en 2344; année à peu près, suivant *Halley* et *Whiston*, du déluge universel rapporté par Moïse.

La comète, qui avait paru en 1682, est supposé faire sa révolution en 75 ans environ. Son année serait par conséquent plus courte que celle d'Uranus, que l'on croit de 83 ans. *Halley* croit que la comète de 1682 avait déjà paru en 1607, en 1531. En conséquence, on avait prédit son retour pour 1757.

Mais *Clairault* fit voir, le 14 novembre 1758, que le retour de cette comète serait retardé par l'action de Jupiter et de Saturne, de 618 jours, et effectivement elle ne passa à son périhélie que vers le milieu d'avril 1759.

La comète de 1770 a paru finir sa révolution en six ans, dit *Laplace*. *Système du Monde*, in-4°., p. 214, édition de 1808. C'est *Lexel* qui l'a démontré le premier. Cependant cette comète n'avait point été aperçue avant l'année 1770, et depuis on ne l'a pas revue. *Lexel* dit qu'en 1767 et 1779, cette comète a dû s'approcher assez de Jupiter, pour que la forte attraction de cette planète ait diminué la distance physique de la comète, de manière à rendre cet astre visible en 1770, d'invisible qu'il était auparavant, et ensuite augmenter, en 1779, cette même distance, au point de rendre cette comète pour toujours invisible.

Ces faits prouvent que les mouvemens des comètes éprouvent des perturbations continuelles. Aussi, n'a-t-on encore vu que la comète de 1682 revenir à peu près à l'époque fixée par le calcul.

On a encore peu de connaissances sur les comètes et leur nature. On les suppose, en général, composées comme les planètes et la terre, de différentes substances qui forment des strates.

Mais *Herschel* les croit formées de la matière nébuleuse, moins condensée que dans les planètes. Cette matière se dilate encore davantage, lorsque la comète arrive à son périhélie. Les observations suivies qu'il a faites sur ces astres, confirment cette opinion,

« De seize comètes, dit-il, que j'ai observé, je n'ai pu
» distinguer de noyau qu'à deux. Les quatorze autres
» m'ont paru composées d'une substance analogue à

» celle qui forme leur queue et leur chevelure ». (Bibliothèq. britan.)

Il faut supposer que ces quatorze comètes, dont il parle, étaient si petites, qu'à leurs périhélie, les substances, qui les composent, ont été réduites en fluides aériformes, tels que ceux qui forment les queues et les chevelures des comètes ordinaires. Ces fluides aériformes se condensent ensuite, lorsque la comète marche à son aphélie; ils se réunissent en un corps solide, et la comète paraît de nouveau comme une masse solide.

On peut supposer, en général, que les comètes sont petites, et ont peu de masse; car, celles qui passent proche notre globe, comme celle de 1770, n'y ont produit aucun effet sensible. Les astronomes n'ont point observé que cette même comète, qui a passé entre Jupiter et ses satellites, y ait produit aucun dérangement.

Cependant, les anciens observateurs ont parlé de comètes qui paraissaient très-volumineuses.

Sénèque (*Quæst. natural.*, lib. VII, cap. XV) dit qu'il parut une comète aussi grosse que le Soleil.

Justin rapporte que, du temps de Mithridate, il parut une comète, qui occupait le quart du ciel, et dont l'éclat était supérieur à celui du soleil: *Stella comites magnitudine sui quartam partem occupaverat cœli, et fulgore sui Solis nitorem vicerat.* (Lib. XXXVII, cap. II).

Les observateurs modernes n'ont, à la vérité, observé rien de semblable.

On compte aujourd'hui (en 1816) 119 comètes, qu'on croit différentes, et on croit que le nombre de celles qui existent est très-considérable.

Mais, ces astres éprouvant, dans leurs mouvemens, des perturbations continuelles, on n'a aucun moyen pour assurer que telle comète qui paraît, n'est pas une

de celles qui ont paru antérieurement, et dont le mouvement a éprouvé des perturbations. D'ailleurs, ceux qui admettent l'hypothèse de *Lambert* doivent convenir qu'on ne saurait être sûr de l'identité des comètes qui ont paru et qui paraissent.

Dans l'hypothèse de *Newton*, les comètes sont des astres qui se meuvent autour du soleil dans des ellipses plus ou moins allongées.

Leurs mouvemens s'exécutent dans toutes les directions, même contre l'ordre des signes, en quoi ils diffèrent de ceux des planètes.

Les comètes paraissent, comme les planètes, composées de différentes substances qui y forment divers *strates*.

DE LA FORMATION DES FLUIDES AÉRIFORMES QUI ENVELOPPENT LES GRANDS GLOBES.

Lorsque les parties les plus massives se réunirent pour former les grands globes, les plus légères surnagèrent à ces masses solides. Elles vinrent se rendre à la surface de ces globes, et s'y condensèrent sous différentes formes.

Les unes, à l'état de vapeurs, se convertirent en brouillards, en nuages, enfin en pluies. Elles formèrent les mers des planètes et des comètes.

Les autres, composées des différentes espèces de gaz aériformes, formèrent les atmosphères, qui enveloppèrent immédiatement ces grands globes.

La nature de ces atmosphères ne nous est pas bien connue. On les suppose à peu près analogues à celle de notre globe. Néanmoins, il est vraisemblable qu'il y a des différences assez considérables.

L'atmosphère de la Lune a si peu de densité, qu'à peine produit-elle une réfraction dans les rayons de lumière qui passent auprès de cet astre.

L'atmosphère du soleil doit être également très-rare, parce qu'elle est continuellement dilatée par la grande chaleur de cet astre.

Laplace suppose que cette atmosphère a pu s'étendre primitivement à des distances immenses, bien au-delà de l'orbite d'Uranus... c'est-à-dire, plus de 700,000,000 de lieues.

Et qu'ensuite, elle a diminué successivement, ensorte qu'aujourd'hui, elle ne s'étend pas jusqu'à l'orbite de Mercure, ou moins de 13,000,000 de lieues.

Elle a formé les différentes planètes, par les différentes zones qui s'en sont séparées.

Il suppose également que les atmosphères des grosses planètes ont aussi diminué successivement pour former leurs satellites. Celle d'Uranus a formé six satellites.

L'atmosphère de Saturne a formé ses sept satellites et ses anneaux.

Celle de Jupiter a formé ses quatre satellites.

Celle de la Terre a formé la Lune.

Quoi qu'il en soit de ces hypothèses, nous verrons, en parlant de l'atmosphère du globe terrestre, que les faits paraissent prouver qu'elle a réellement diminué.

L'analogie ne permet donc pas de douter que les atmosphères des autres corps célestes n'éprouvent également de grandes variations.

DE LA NATURE DES CORPS CELESTE.

La nature des plantes et des comètes nous est inconnue. Mais d'après les analogies, on peut supposer

que ces astres sont formés de principes analogues à ceux du globe terrestre.

Ces principes forment, dans ces grands corps, différens *strates*.

Les soleils peuvent être supposés, formés, comme les planètes, de différens *strates*.

Tous ces globes célestes sont, ainsi que les globles terrestre, dans un état habituel d'électricité. On regarde le globe terrestre comme un *magasin général d'électricité*; il en communique continuellement à l'atmosphère et aux corps contenus dans cette atmosphère.

DE LA FORMATION DES FLUIDES ÉTHÉRÉS RÉPANDUS DANS L'ESPACE.

Enfin, les parties de matière les plus subtiles, qui demeurèrent non combinées après la cristallisation des grands globes, formèrent les fluides éthérés. Ceux de ces fluides connus sont :

1°. Le feu, ou calorique.

2°. Le fluide lumineux.

3°. Le fluide électrique, et le fluide galvanique qui paraissent les mêmes.

4°. Le fluide magnétique.

5°. Le fluide nébuleux.

6°. Le fluide gravifique ou éthéré, qui me paraît être le fluide électrique.

Peut-être existe-il encore quelqu'autre fluide éthéré, qui nous est inconnu.

Car le fluide électrique n'était pas connu des anciens.

Le fluide galvanique n'a été découvert que depuis un petit nombre d'années, ainsi que les phénomènes étonnans qu'il présente.

Enfin la matière nébuleuse, aperçue par les philo-

sophes indoux, était à peine soupçonnée par les physiciens modernes.

La nature de ces divers fluides nous est entièrement cachée, ainsi que celle de tous les autres corps. On doit donc se borner à en décrire les proprietés.

DU FLUIDE GRAVIFIQUE.

On appelle *fluide gravifique* celui que l'on suppose être la cause de la gravitation universelle de tous les corps, ou de leur attraction mutuelle. Il doit être d'une grande subtilité. Il est connu plus particulièrement sous le nom d'*éther* ou de *fluide éthéré*.

L'action de ce fluide sur tous les corps est en raison des masses, et de l'inverse des carrés des distances.

J'ai exposé (*Théorie de la Terre*, tome 3, page 467) ce qu'on pouvait dire sur la nature de ce fluide. Mais les connaissances actuelles sur l'état galvanique ou électrique des grands globes que nous venons d'exposer, font naître de nouvelles idées.

En admettant, ainsi que nous l'avons prouvé, que tous les grands globes, les soleils, les planètes et les comètes, sont dans un état habituel d'électricité ou de galvanisme, et qu'il sont, ainsi que le globe terrestre, DES MAGASINS D'ÉLECTRICITÉ, il est probable, suivant les analogies, que le *fluide gravifique est le fluide électrique*. Il attire et il repousse les corps en raison de leurs masses, et de l'inverse des carrés des distances.

Tous les corps terrestres sont également dans un état continuel d'électricité. Le fluide électrique peut donc également, suivant les analogies, être supposé la cause de leur action mutuelle les uns sur les autres, de leurs affinités et de leurs répulsions, ainsi que je l'ai exposé (*Théorie de la Terre*, tome 3, page 27).

Car on peut supposer que les corps terrestres ont des atmosphères composées, 1°. du calorique, 2°. du fluide électrique ou galvanique, 3°. du fluide magnétique, 4°. du fluide éthéré, s'il est différent du fluide électrique, 5°. d'un fluide odorant, 6°. d'une enveloppe d'air atmosphérique, comme celle de l'aiguille d'acier qu'on fait flotter sur l'eau......

J'ai cru nécessaire d'exposer ces notions générales de *Cosmogonie*, sur la nature des êtres existans, pour servir d'introduction à la *Géologie*, ou Théorie de la Terre ; car on ne doit jamais l'envisager d'une manière isolée : il faut toujours la rapporter à celle des autres globes.

Nous allons passer maintenant à la formation du globe terrestre, et à la considération des phénomènes qui l'ont accompagné. Ce globe est un des plus petits de ceux qui existent. Il a été soumis aux mêmes lois qui ont coordonné les autres, principalement les planètes. On ne doit pas s'écarter de ces idées.

LEÇONS DE GÉOLOGIE.

SECTION PREMIÈRE.

DE LA FORMATION DU GLOBE TERRESTRE.

Le globe terrestre (1) a été formé, comme tous les autres globes, par la cristallisation d'une matière première (*l'Akasch* des Brachmanes, Strabon, lib. 15, ou la *Nébuleuse* de Herschell), dont ont été composées les diverses substances minérales. Quelques-unes de ces substances sont cristallisées d'une manière régulière, les autres le sont d'une manière confuse; le résultat de toutes ces cristallisations particulières a été la formation du globe terrestre.

Cette vue générale ne suffit pas au géologue; il cherche les causes de chaque phénomène particulier; quelques-uns s'expliquent heureurement par les connaissances acquises: mais plusieurs sont encore enveloppés d'obscurités, lesquelles ne

(1) Le globe terrestre ne peut être connu qu'en le comparant aux autres globes, qui sont innombrables: il est un des plus petits.

pourront être levées que par les nouveaux faits que les observateurs recueilleront ; il en est même, sans doute, dont les causes échapperont toujours à l'esprit humain.

C'est cette tâche difficile que je vais essayer de remplir, d'après les principes que j'ai déjà exposés (1) ; je dois les rappeler sommairement, parce qu'ils serviront à l'intelligence des explications particulières que je donnerai des divers phénomènes. Mais ce ne sera qu'après l'exposition générale des faits, que nous pourrons discuter ces théories.

J'ai supposé que toute la matière qui compose notre globe, a été fluide dans le principe ; cette opinion est assez généralement admise, mais on n'est pas d'accord sur l'espèce de fluidité dont elle a joui.

Cette fluidité a pu être,

Aériforme,
Ignée,
Ou aqueuse.

Mais il faut préalablement exposer les faits, et c'est ce que je vais faire.

Plusieurs anciens philosophes, et particulièrement les Sabéens, supposaient assez généralement que les astres et le globe de la terre en particulier, étaient des êtres animés, des espèces d'animaux. Nous exposerons ailleurs les motifs sur lesquels ils appuyaient cette opinion, assez peu fondée pour qu'elle soit aujourd'hui presque universellement abandonnée.

D'autres philosophes, tels qu'Anaximène, croyaient que tous les globes avaient été formés primitivement de substances jouissant d'une fluidité aériforme.

Des troisièmes, prétendaient que le globe terrestre avait été

(1) Dans mes divers Ouvrages, et que j'ai réunis dans mon Discours préliminaire de 1815, du *Journal de Physique*, tome 80.

primitivement soumis à l'action du feu, et avait joui d'une fluidité ignée. C'était l'opinion des stoïciens.

Enfin des quatrièmes, tels que Thalès, le disaient le produit de substances qui avaient joui d'une dissolution aqueuse.

Nous discuterons toutes ces opinions après avoir exposé les faits.

Mais nous admettrons l'opinion la plus généralement reçue aujourd'hui : savoir, *que les couches extérieures du globe, ses strates, ont joui d'une dissolution aqueuse.* C'est d'après cette hypothèse, que nous tâcherons d'expliquer les phénomènes géologiques de la *croûte extérieure du globe, et de sa surface.*

Quant aux phénomènes qui s'opèrent, ou se sont opérés au-dessous de cette croûte, nous n'avons que des analogies que nous exposerons.

J'ai supposé que le noyau du globe avait été formé de substances qui jouissaient d'une fluidité aériforme. (1)

DE LA FIGURE DU GLOBE TERRESTRE.

La figure du globe terrestre est un des points fondamentaux de sa théorie, parce qu'elle suppose sa fluidité.

Les anciens philosophes avaient des notions assez précises sur la figure de la terre ; ils reconnaissaient qu'elle était sphérique, mais c'est dans ces derniers tems qu'on a déterminé sa figure d'une manière plus rigoureuse. Les faits ont démontré qu'elle n'est point sphérique, mais qu'elle est un ellipsoïde applati vers les pôles ; cet applatissement est même plus considérable dans l'hémisphère austral, que dans le boréal.

---

(1) Voir mon Mémoire sur *la fluidité aériforme des substances qui ont formé le globe terrestre. Journ. de Phys.*, tome 61, pag. 276.

On a trois moyens pour déterminer la figure du globe terrestre.

1. La mesure d'arcs du méridien à différentes latitudes.

2. La longueur du pendule à différentes latitudes.

3. La théorie des forces centrales.

NEWTON rechercha, d'après la théorie des forces centrales, quel devait être le rapport de l'axe de la terre, à celui d'un diamètre de l'équateur. Il supposa les couches du globe, homogènes, et que toutes les parties de matières s'attirent mutuellement; par conséquent, toutes les parties du globe pesaient les unes sur les autres : il trouva le rapport des deux diamètres, comme 229 à 230.

Le second moyen qu'on a pour déterminer la figure de la terre, est la longueur de la verge du *pendule à secondes*; car il est certain que, plus le point où on fait l'observation, est éloigné du centre de la terre, plus la verge du pendule doit être courte. Les observations ont déterminé la longueur de la verge de ces pendules, sous les différentes latitudes. Elle est,

Sous l'équateur	36 pouces	7.	21 lignes.
A la latitude de 45 degrés	36	8.	35
A la latitude de Paris, 48° 50'. . .	36	8.	67
Sous le cercle polaire.	36	9.	09
Sous le pôle, elle doit être.	36	9.	41

La différence entre la longueur du pendule sous l'équateur, et celle à la latitude de Paris, est de 1. 46 lignes, dont o. 86 pour la force centrifuge, et o. 60, pour l'applatissement de la terre : car il y a deux élémens qui influent sur la longueur du pendule.

a L'exhaussement de la terre sous l'équateur, d'où il s'ensuit qu'un point de sa surface y est plus éloigné du centre.

b La force centrifuge qui est considérable sous l'équateur, et va en diminuant jusqu'aux pôles, où elle est nulle.

Les astronomes supposent aujourd'hui avec Borda, dit La Place, que la longueur du pendule à l'observatoire de Paris, est de 0,741,887 mètres.

Et qu'ainsi, le pendule simple de la longueur d'un mètre, ferait 86116. 5 oscillations dans un jour.

3. Enfin, le troisième moyen de connaître la figure de la terre, est d'en mesurer les arcs des méridiens, à différentes latitudes. Ces mesures, exécutées avec tout le soin possible, par des savans du plus grand mérite, n'ont pas donné des résultats exactement uniformes; on a donc été obligé de prendre des termes moyens.

La Condamine calcula, d'après les différentes mesures des arcs du méridien, le rapport qui devait exister entre les deux diamètres de la terre; il trouva que ce rapport devait être comme 303 à 304.

Mais le degré du méridien, mesuré en Laponie, sous le cercle polaire, par les académiciens français, Maupertuis et ses collègues, était de 57,419 toises, ce qui supposait que la terre est beaucoup plus applatie que ne la donnaient les autres mesures des différens arcs du méridien, faites en différens pays; car, suivant cette mesure, le diamètre de rotation, ou l'axe, serait plus court que celui de l'équateur, d'environ $\frac{1}{178}$, c'est-à dire, que l'axe et les diamètres de l'équateur, seraient dans le rapport de 177 à 178, ce qui a fait supposer de l'inexactitude dans l'opération.

En conséquence, on a répété en 1810, cette mesure du degré du méridien, sous le cercle polaire, 66e de latitude. Swanberg, Ofverbom, Holmquist, et Palander, astronomes suédois, l'ont exécutée avec le plus grand soin; ils l'ont trouvée de 57,209 toises, ce qui se rapporte aux autres mesures des arcs du méridien, faites à différentes latitudes; on en a conclu le rapport des deux axes, à peu-près comme 312 à 313.

D'après les nouvelles mesures d'arcs du méridien depuis Dunkerque jusqu'à Barcelone, on suppose aujourd'hui le rapport des deux axes, aux environs de 310 à 311 : c'est-à-dire, dit Delambre, que l'axe autour duquel la terre fait sa révolution diurne, est de $\frac{1}{310}$, à fort peu près, plus court que le diamètre de l'équateur. Mais ces données laissent encore quelques incertitudes, car il faut observer que les arcs du méridien pris à différentes latitudes, auprès de l'équateur, au Cap de Bonne-Espérance, en France, ne sont pas toujours exactement dans le rapport que donne la théorie ; d'où on a conclu que la figure du globe terrestre, n'était pas celle d'*un solide de révolution*, et qu'elle n'était pas parfaitement régulière.

L'applatissement est un peu plus faible vers le nord.

Il l'est de même vers le midi.

Et un peu plus grand dans les zones intermédiaires.

On attribue ces légères différences, aux différens degrés de densité, dans les divers strates de la terre.

Il y a encore une autre observation essentielle à faire, c'est que l'hémisphére austral paraît plus applati que le boréal. Le niveau de sa surface paraît plus abaissé, car les eaux en recouvrent la plus grande partie, et il y a peu de montagnes. Aussi, les arcs du méridien qu'on y a mesurés, comme celui du Cap de Bonne-Espérance, par la Caille à 33 degrés de latitude, est presque aussi étendu que celui de Paris, à 49 degrés de latitude.

D'où on a conclu (1) que l'applatissement de cet hémisphère austral est un peu plus considérable que celui de l'hémisphère boréal ; c'est-à-dire, à peu près dans le rapport de $\frac{1}{311,6}$ à $\frac{1}{312}$.

---

(1) Mathieu, *Connaissance des tems*, 1816, pag. 332.

Mais en prenant des termes moyens pour déterminer l'étendue des arcs du méridien à diverses latitudes, on suppose que,

Le degré du méridien à l'équateur, est . . . . 56,747 toises.
Le même degré, au 45e de latitude, est. . . . 57,027
Le même degré aux pôles, est. 57,318

DE LA DENSITÉ MOYENNE DU GLOBE TERRESTRE, ET DE CELLE DE SES DIFFÉRENS STRATES.

Les substances qui composent la croûte extérieure du globe ne sont point homogènes: ce sont des granits, des porphyres, des gneis, des schistes, des pierres magnésiennes, des pierres calcaires, des substances métalliques, des substances bitumineuses, des eaux.... mélangés irrégulièrement, et formant différens *strates*. Ces strates sont le plus souvent interrompus par des solutions de continuité, ou, au moins, ils ne sont point de la même nature: ici ce sont des granits, ailleurs des serpentines; plus loin des schistes, des calcaires, des gypses, des bitumes, des substances métalliques qui se touchent d'une manière irrégulière.

J'ai estimé la densité moyenne de ces diverses substances, de la manière suivante, par approximation:

Eau. 1000
Granit. 2,750
Porphyre. 2,760
Gneis 2,700
Calcaire primitif. 2,700
Calcaire secondaire 2,350
Gypse 2,300
Basaltes, ou laves compactes 2,900
Bitumes 1,300
Substances métalliques. 6000

Mais toutes ces substances sont en différentes quantités à la surface de la terre, et dans les endroits où nous sommes descendus. On ne peut donc estimer leur densité moyenne que par approximation.

Et n'ayant pas égard à la masse des eaux, j'estimerai la densité moyenne des autres substances, à 3,000.

Mais la densité de l'intérieur du globe paraît plus grande que celle de sa surface; il paraît effectivement, que les parties les plus pesantes devaient, lors de la consolidation du globe, se précipiter les premières. Des faits positifs ont confirmé cet aperçu.

Bouguer, étant au Pérou, reconnut que la grande montagne de Chimboraço causait une deviation sensible au fil à plomb de ses instrumens. Lorsqu'il prenait la hauteur des étoiles à 1,753 toises de la montagne, il la trouvait toujours différente : elle était trop grande de 8″ lorsqu'il opérait au midi, et trop petite de 8″ lorsqu'il opérait au nord ; mais ces hauteurs n'étaient pas affectées lorsqu'il opérait à 4572 toises de la montagne.

Il calcula ensuite la masse de la montagne, et il trouva que celle de Chimboraço est 740,000,000 fois plus petite que la masse de la terre; mais quand on est placé à 1,800 toises de son centre, c'est-à-dire 1,800 fois plus près de ce centre que de celui de la terre, son attraction ne devrait être que $\frac{1}{2000}$ de celle de la terre, ainsi elle aurait dû produire 13 fois plus d'effet; il est vrai, que Chimboraço ayant été un volcan, doit renfermer des cavités; et que les substances dont il est composé ayant été en partie calcinées, ont moins de densité; mais la différence ne serait pas aussi grande.

Maskeline a fait sur une montagne d'Écosse assez élevée, des observations analogues à celles de Bouguer, sur Chimboraço;

il a trouvé que cette montagne appelée *Schehallien*, devrait dévier le fil à plomb de 5″ 8.

On a., par des approximations, d'après ces observations, supposé que la densité moyenne de l'intérieur de la terre était plus considérable que celle de ces montagnes ; on l'a estimée quatre fois et demie plus considérable que celle de l'eau : elle serait par conséquent un tiers plus considérable que celle des couches extérieures, que nous avons supposé trois fois plus considérables que celle de l'eau.

Cavendish chercha à déterminer cette densité moyenne de l'intérieur du globe, par une expérience directe, en employant un appareil imaginé par le physicien Mitchell : cet appareil est composé de deux grosses boules de plomb fixes, et opposées diamétralement.

Auprès de ces deux boules en sont deux autres du même métal : chacune d'elles est soixante-quatre fois moins pesante qu'une des grosses; elle est suspendue, aux deux extrémités, d'un levier horizontal : ce levier est lui-même porté en équilibre par un long fil métallique, comme dans la balance inventée par Coulomb, pour mesurer l'intensité de la force de différens corps électrisés ; il constata, par un grand nombre d'expériences, l'intensité de la force avec laquelle les grosses boules attiroient les petites.

La somme des attractions latérales des deux grosses boules met en mouvement les deux petites; la vîtesse qu'elles acquièrent, comparée à la vîtesse qu'acquièrent les corps graves qui tombent à la surface du globe, donne le rapport de la densité moyenne de l'intérieur de ce globe; vingt-trois expériences lui donnèrent des résultats très-rapprochés.

Il en conclut que la densité de l'eau étant supposée 1, *celle du globe terrestre, pris en masse, était* = 5. 48.

Le docteur Playfair a voulu, en 1811, vérifier le travail de

Maskeline, sur la montagne Schehallien. Lord Seymour se réunit à lui; ils conclurent de leur expérience, que la densité moyenne du globe, était = 4. 481.

Tous les faits sont donc d'accord avec la théorie; ils prouvent que la densité moyenne de l'intérieur du globe est plus considérable que celle de sa surface, c'est-à-dire environ cinq à six fois plus considérable que celle de l'eau, et le double de celle de sa surface.

Car, l'évaluation donnée par Cavendish me paraît la plus exacte.

Les phénomènes du magnétisme du globe concourent encore avec toutes ces données; ils prouvent que l'intérieur du globe contient de grandes quantités de fer.

On a ensuite cherché à déterminer la loi que suivait cette densité en approchant du centre de la terre; il n'y a aucun fait capable de la déterminer: on doit donc s'en rapporter aux analogies, qui disent que les strates intérieurs du globe, augmentent de densité à mesure qu'ils approchent du centre: ils y sont déposés d'une manière à-peu-près uniforme, comme à sa surface, formant différens *strates;* les plus légers et les plus pesans se compensent mutuellement, de manière qu'il en résulte une densité moyenne à-peu-près uniforme, pour que l'équilibre de la masse totale puisse subsister; par conséquent, le globe n'est pas creux à l'intérieur comme le supposaient les Chaldéens, suivant Diodore de Sicile, liv. 1, pag. 275.

La longueur de la verge du pendule est constamment la même sous les mêmes latitudes : cette observation suppose que la densité moyenne du globe est uniforme; car, si on supposait que les strates du globe, par exemple, sous Venise, eussent une densité différente de ceux qui sont sous Pékin, il est sûr que la verge du pendule à secondes n'aurait pas la même longueur dans ces deux villes.

Cependant l'observation a prouvé que la longueur du pendule est *à-peu-près* la même aux mêmes latitudes.

Néanmoins nous avons vu que les arcs du méridien, mesurés depuis Dunkerque jusqu'à Barcelone, ne sont pas tout-à-fait tels que les donne la théorie : ce qui fait supposer la même inégalité dans les strates correspondans de l'intérieur du globe.

On peut supposer que la même chose a lieu à toutes les latitudes.

Cette inégalité est encore plus considérable dans les strates intérieurs de l'hémisphère austral ; il est presqu'entièrement couvert d'eau ; il y a peu de montagnes dans ses continens : le niveau de sa surface est plus bas que celui de l'hémisphère boréal ; il faut donc que sa densité soit plus grande, pour que l'équilibre puisse subsister entre les deux hémisphères.

Toutes ces données doivent être soumises à un nouveau travail, et à de nouvelles observations.

DE LA TEMPÉRATURE PRIMITIVE DU GLOBE TERRESTRE, ET DE SON INTENSITÉ.

La figure du globe terrestre est conforme à la théorie des forces centrales. On en doit conclure que, dans l'instant de sa formation, il était liquide, quelle que fût sa liquidité ignée, âqueuse ou aériforme.

La cristallisation de toutes les substances minérales qui le composent suppose la même liquidité.

Or cette liquidité, quelle qu'elle ait été, n'a pu exister sans une chaleur quelconque. Il a donc dû y avoir primitivement un assez grand degré de chaleur pour tenir à un état de liquidité tous les élémens qui ont formé notre globe. Cette chaleur primitive est l'origine de la température du globe terrestre. Voilà le principe certain ; mais il faut en examiner les développemens.

La première question qui se présente, est d'apprécier la température primitive du globe. Nous l'ignorons.

Si nous supposons que la matière première dont le globe a été formé, était à l'état nébuleux aériforme, nous n'avons aucun moyen d'estimer cette température.

Il faut donc rechercher seulement la température qui devait avoir lieu dans les premiers momens où furent formés les strates de la surface, par une dissolution âqueuse. J'ai supposé qu'à cette époque, la température était au moins égale à celle de l'eau bouillante aujourd'hui à la surface du globe.

La seconde question à résoudre, est d'apprécier la température moyenne actuelle du globe, soit à sa surface, soit dans son intérieur.

Nous manquons d'observations pour la déterminer d'une manière à peu près exacte. Il faut donc nous en tenir à des approximations.

DE LA TEMPÉRATURE MOYENNE ACTUELLE DES STRATES INTÉRIEURS DU GLOBE TERRESTRE.

La température moyenne des strates intérieurs du globe, doit différer beaucoup de celle de sa surface. Nous n'avons aucun moyen de connaître la température du centre du globe, ou au moins des strates qui sont à une certaine profondeur. Nous ne pouvons déterminer que celle des strates peu profonds où nous avons pénétré. Cette température varie à raison des latitudes et des saisons.

A notre latitude boréale de 49°, dans des souterrains seulement de quelques pieds de profondeur, le thermomètre se soutient à zéro, ou même au-dessus, comme dans les caves.

A une profondeur de 84 pieds, comme dans les caves de

l'Observatoire de Paris, le thermomètre se soutient à peu près constamment au même degré toute l'année, savoir : à + 9° 55'.

On n'a pas d'observations du degré où il se soutiendrait à de plus grandes profondeurs.

Mais dans les contrées qui approchent de l'équateur, le thermomètre, aux mêmes profondeurs, se soutient beaucoup plus haut.

Humboldt m'écrivait de Cumana, qu'à 10° 5' de latitude boréale, la température de l'intérieur du globe était de 14° 8' à 15° 12' (*Journal de Physique*, tom. 53, p. 61).

Il a observé la chaleur des cavernes de l'île de Cuba à 22° 5' (*Journ. de Phys.*, tom. 66, p. 433.)

Il a observé que celle de la caverne de Guachano, à 1000 mètres d'élévation, était 18° 7 centigrades.

Il a observé aux Andes, dans l'hémisphère austral, la température dans le fond de mines élevées de 3,700 mètres au-dessus du niveau des mers :

Le thermomètre s'y soutenait de 13° 7' à 14° 2'.

La température extérieure variait de 2° 5' à + 80.

Daubuisson rapporte (*Journ. de Phys.*, tom. 62, p. 443) différentes observations faites en différens lieux, à diverses profondeurs :

	latitudes.		température observée.		profondeur.
Caire.	30°	0	18°	0	65 mèt.
Paris.	48	50	9	6	26
Londres.	51	29	8	8	24
Coorke.	51	54	8	5	
Dublin.	53	20	7	7	
Londonderry. .	55		6	6	20
Stockholm. . .	59	20	6		
Torneo.	65	51	2	5	8
Wadsoe.. . . .	70	20	1	8	6

En Sibérie, à plusieurs pieds de profondeur, l'eau est constamment à l'état de glace.

Ces observations, qu'on ne doit regarder que comme des *à peu près*, prouvent, par approximation, que la température des strates intérieurs du globe, à de petites profondeurs, varie beaucoup.

Mais il est probable qu'à de grandes profondeurs elle varie moins, et qu'elle est beaucoup plus considérable

DE L'INTENSITÉ DE LA TEMPÉRATURE ACTUELLE MOYENNE DE LA SURFACE DU GLOBE TERRESTRE.

Cette température varie à raison des saisons, des latitudes, des montagnes, des plaines.... Il faut donc prendre des termes moyens pour avoir, par *approximation*, la température qui existe actuellement sur la surface du globe terrestre. Mais les observations thermométriques ne sont peut-être pas encore assez multipliées dans les différentes contrées, ni n'ont pas été faites avec assez d'exactitude, pour que ces approximations aient une certaine exactitude. Néanmoins nous allons rapporter celles qui paraissent mériter le plus de confiance.

Kirvan a donné une table de la température *moyenne* de différens lieux, à raison des latitudes, d'après les observations qui paraissent les plus exactes. Nous allons donner le résultat de son travail :

	latitudes.		chaleur moyenne.	
Wadso en Laponie. . . .	70°	5′	1°	77′
Abo.	60	2	3	55
Pétersbourg.	59	56	3	1
Upsal.	59	51	4	36
Stockolm.	59	20	4	62

	latitudes.		chaleur moyenne.	
Solymshainsky.	59°		1	85
Édimbourg.	55	57′	6	97
Franeker.	53		9	15
Berlin.	52	32	7	15
Lyndon.	52	30	7	11
Leyde.	52	10	8	99
Londres.	51	31	8	84
Dunkerque.	51	2	10	17
Manheim.	49	27	8	66
Rouen.	49	26	8	44
Ratisbonne.	48	56	7	68
Paris.	48	50	9	88
Troyes.	48	18	9	37
Vienne.	42	12	8	67
Dijon.	47	19	9	23
Nantes.	47	13	9	45
Poitiers.	46	39	9	6
Lausannes.	46	31	7	51
Padoue.	45	23	8	96
Rhodes.	45	21	9	28
Bordeaux.	44	50	11	37
Montpellier.	43	36	12	82
Marseille.	43	19	13	23
Mont-Louis, dans le Roussillon.	42		5	55
Cambridge, dans la Nouvelle-Angleterre.	42	25	8	13
Philadelphie.	39	56	9	11
Pékin.	39	54	10	44
Alger.	36	49	17	77
Le Caire.	30		18	22

	latitudes.		chaleur moyenne.	
Canton	23°		19	15
Tivoli, à Saint-Domingue.	17		18	66
Spanisthown, à la Jamaïque	18	15′	21	77
Manille	14	36	20	61
Le fort Saint-George	13		21	9
Pondichéri	12		24	48
	latitude méridionale.			
Iles Falkland	51		6	84
Quito	0	13	13	33

Kirwan, d'après toutes ces observations, a ensuite recherché, par le calcul, la température moyenne de la surface au 40e. degré de latitude. Il l'a trouvé + 13° 11′.

Il faut bien distinguer les observations faites dans les plaines, celles faites à une hauteur moyenne, et celles faites dans des lieux élevés.

On doit encore avoir égard aux latitudes. On peut diviser la surface du globe en cinq portions :

1°. La Zone torride, comprenant 48 degrés de latitude. Sa température moyenne est 20°.

2°. Deux parties de zones tempérées, depuis le 24e. degré de latitude jusqu'au 40e., dont la température moyenne est de 15°.

3°. Deux autres portions de zones tempérées, depuis le 40e. degré de latitude jusqu'au 50e., dont la température moyenne est de 12°.

4°. Deux autres portions, depuis la latitude de 50° jusqu'à 66°, dont la température moyenne est de 4°.

5°. Les deux Zones glaciales, dont la température moyenne est zéro.

Les surfaces de ces cinq portions sont à peu près dans les proportions suivantes :

La première.	10220 =	10
La seconde.	5832 =	6
La troisième.	3096 =	3
La quatrième	3724 =	4
La cinquième. . . .	2172 =	2
TOTAL.		25

En multipliant les degrés de chaleur qu'a chacune de ces régions, on aura 342°, qui, divisés par 25, donnent 13° 5′ pour la température moyenne des plaines de tous les continens.

C'est à peu près la même température que Kirwan a trouvée, par le calcul, pour la latitude de 40 degrés.

La température moyenne des strates intérieurs du globe étant à-peu-près constante à une assez petite profondeur, 84 pieds à notre latitude, quelles sont donc les causes qui la font varier si prodigieusement à sa surface? il y en a plusieurs.

1°. La *présence du soleil* en est la principale cause, comme le prouvent les différentes températures en hiver, en été.

On a cherché à déterminer d'une manière exacte cette action du soleil; et on a fait un grand travail à cet égard, que j'ai rapporté dans ma théorie de la terre, tome 3.

Il faut, dans ces estimations, tenir compte de l'*accélération* de chaleur ou du froid, produit par une température chaude ou froide, continuée plus ou moins de tems; ainsi, dans nos contrées, le *maximum* des températures chaude ou froide n'est point aux solstices, mais plusieurs jours après.

2°. Les vents ont l'influence la plus marquée sur la température de la surface du globe.

Cette température est-elle douce dans nos contrées? il sur-

vient un vent de nord. Le thermomètre descend aussitôt de plusieurs degrés.

La température est-elle froide? il survient un vent de sud. Le thermomètre monte aussitôt de plusieurs degrés ; la neige, en hiver fond.

3°. Les pluies long-tems continuées diminuent beaucoup la température ; c'est ce qu'on observe constamment dans les contrées équinoxiales. Les saisons de long-tems de pluie, qui y ont lieu, sont leurs saisons froides. Le même phénomène a lieu dans nos contrées.

DE L'INTENSITÉ DE LA TEMPÉRATURE MOYENNE ACTUELLE DES EAUX DES MERS A LEUR SURFACE.

Cette température des eaux des mers n'est pas aussi considérable que celle des continens ; mais elle est encore plus difficile à déterminer ; il faut avoir égard à la température de la surface des mers, et à celle de leurs eaux à certaine profondeur, parce que ces eaux se mélangent continuellement.

Cette température moyenne des eaux des mers à leur surface varie à raison des latitudes, à raison des saisons.

Humboldt me marquait (Journal de physique, tom. 53, pag. 61), que la température des eaux de la mer à sa surface par la latitude de 10° était à 21 degrés. On sait qu'aux pôles, les mers sont couvertes de glaces.

Kirwan a déterminé la température de la surface des mers, à raison des différentes latitudes, de la manière suivante :

latitude.	mois.	température à la surface.
70	12 mai	1° 7′
	17 mai	2 2
	9 juin.	3
	7 juillet	6 2

latitude.	mois.	température à la surface.
68	8 juillet	6° 6′
65	9 juillet	7 1
	10 juillet	8 8
27	3 janvier	14 2
0		23

D'après un grand nombres d'observations, on peut supposer que sous l'équateur et les zones torrides, la température moyenne de la surface des mers est de = 15.

Dans les autres latitudes, la température de la surface des mers peut être égale à celle de la surface de la terre.

On peut donc supposer que la température moyenne de la surface des mers est à-peu-près les deux tiers de celle de la terre, ou environ de 8 degrés.

DE LA TEMPÉRATURE DES EAUX DES MERS A UNE CERTAINE PROFONDEUR.

Mais la température des eaux des mers, à une certaine profondeur, est différente de celle de leur surface.

Kirwan a donné une table de ces températures; il a eu égard à la latitude, à la saison, et à la profondeur des eaux.

latitude.	mois.	profondeur.	chaleur à cette profondeur.	chaleur à la surface.
70	12 mai	471 pieds	3° 1′	1° 7′
	17 mai	505	3 1	2 2
	9 juin	525	3 5	5 3
	7 juillet	394	5 3	6 2
68	8 juillet	1465	8 8	6 6
65	9 juillet	1201	7 1	7 1
	10 juillet	803	5 7	8 8
27	3 janvier	506	11 5	14 2
0		3377	8 4	23
0		4916		

latitude.		mois.	profondeur.	chaleur à cette profondeur.		chaleur à la surface.	
67		juin	4391	2°	66		
78		juin	664	0	44		
69		août	3788	0			
0		septembre	478	15	11	18	66
24			450	16	88	16	88
34	44	octobre	562	11	11	12	
57	11	8 janvier	5	3	55	2	22
		10 janvier	46	5	15	5	15
55	40		103	8	66	3	55
59	30		103	12		12	
2	55	février	54	21	77	21	77
2	50		103	21	71	23	53

On sent assez qu'on ne doit considérer toutes ces observations que comme des *approximations;* mais nous devons tirer de ces faits deux conséquences.

La première est que, les eaux des mers glaciales étant plus froides que celles des mers des tropiques, elles doivent affluer sans cesse vers l'équateur, et repousser vers les pôles celles qu'elles viennent remplacer : ce qui établit dans les mers *deux courans*, l'un *supérieur* du pôle à l'équateur : l'autre *inférieur* de l'équateur vers les pôles, comme nous le verrons ailleurs.

La seconde conséquence que nous présentent ces faits, est, que le sol sur lequel reposent les eaux des mers, doit avoir une température plus froide que les continens à même profondeur.

Cette cause doit influer beaucoup sur la température moyenne du globe à une certaine profondeur.

Peron a observé qu'à la latitude de 45 degrés la température des eaux de la mer, à 2144 pieds de profondeur, diminue beaucoup : d'où il tire la conséquence générale que *la température des eaux des mers diminue en raison de leur profondeur ;* et que le

sol sur lequel elles reposent, est peut-être à l'état de glace, à de grandes profondeurs (journal de physique, tome 59, page 361).

Forster, Irwing, Cook, Phipps, Humboldt, ont eu des résultats analogues (*ibidem*).

Mais cette diminution de température dans le fonds des mers, est due (ainsi que je le prouverai, par la suite) aux eaux froides de la surface, qui, comme plus pesantes, se précipitent dans les parties inférieures; et il n'est pas probable que le fond de ces mers soit à la température de la glace.

DE LA DIMINUTION ACTUELLE DE LA TEMPÉRATURE, OU DU REFROIDISSEMENT DU GLOBE TERRESTRE.

Les faits que nous venons de rapporter, ne permettent pas de douter que le globe n'ait perdu beaucoup de sa température primitive; aussi est-ce une vérité reconnue de tous les géologues, et confirmée par toutes les observations faites à sa surface.

Les régions polaires sont entièrement couvertes de glaces. Ces glaces, dans l'hémisphère austral, s'étendent aujourd'hui jusqu'au 60 degrés de latitude : or, primitivement, lorsque le globe était entièrement couvert par les eaux, il n'y avait point de glaces dans ces régions polaires : elles ne s'y sont donc formées que postérieurement à la retraite des eaux, et à l'apparition des continens.

Les navigateurs ont même cru avoir observé que les glaces du pôle boréal augmentent journellement. Le détroit du Weigaz, que Barentz traversa en 1594, est aujourd'hui bien moins abordable.

Les hautes montagnes sont actuellement couvertes de glaces qui ne fondent jamais. Ces glaciers augmentent journellement : Or, ces glaces n'existaient pas lorsque la terre était enveloppée

par les eaux. Elles ne se sont donc formées que depuis la retraite des eaux.

Ces glaciers augmentent même journellement. Dans le canton de Berne, le glacier des montagnes du Grendval s'est augmenté au point qu'il a enveloppé des villages entiers. Une église, un pont, se trouvent aujourd'hui au milieu des glaces. Les habitans du Valais communiquaient autrefois avec le canton de Berne par cette montagne et par ce pont. Cette communication est aujourd'hui impossible.

On ne saurait donc douter que le globe ne se refroidisse journellement, comme le font tous les corps chauds; ils communiquent leur chaleur aux corps environnans, dont la température est moins élevée.

DES FENTES.

Ce refroidissement de la masse du globe produira à sa surface des fentes plus ou moins considérables, comme dans les glaciers, et par les mêmes causes. Ces glaciers éprouvent à leur surface un refroidissement plus grand que dans leurs parties intérieures qui touchent la terre; ils doivent donc se fendre : ces fentes s'opèrent promptement et avec un grand éclat et un grand bruit.

Or, le globe terrestre a 2865 lieues de diamètre, son refroidissement doit donc être beaucoup plus considérable à sa surface et y produire des fentes.

Mais, quelle est la progression de ce refroidissement? nous n'avons pas assez de faits pour la déterminer.

Jusqu'à quel point ira ce refroidissement? nous l'ignorons; mais il est probable qu'il ira jusqu'à ce que la température du globe soit égale à celle des fluides qui l'environnent.

DES CAUSES DE LA CHALEUR DU GLOBE TERRESTRE.

Les physiciens ont émis différentes opinions à cet égard.

Descartes, Lebnitz, qui regardaient le globe comme un soleil encroûté par ses taches, disaient que sa chaleur venait primitivement de celle de ce soleil ; ce n'était qu'éloigner la difficulté.

Buffon disait que cette chaleur prevenait de la partie de notre soleil, dont il le croyait composé ; ce n'était encore qu'éloigner la diffficulté.

Kirker supposait (*dans son mundus subterraneus*) des matières combustibles, sulfureuses, ou autres, dans un état de vraie conflugration au centre du globe : elles communiquaient leur chaleur à la masse entière.

Cette opinion, plus ou moins modifiée, a été adoptée par plusieurs physiciens, et particulièrement par Becher ; mais c'est une hypothèse dénuée de fondement : le globe n'est pas creux.

On a vu que j'attribue la chaleur du globe terrestre à celle des premières parties des matières, dont on ne peut concevoir les combinaisons, qu'autant qu'elles étaient fluides, et que par-conséquent elles jouissaient d'une chaleur suffisante.

Il faut ajouter à cette cause l'état *galvanique* habituel du globe ; il est composé de parties *hétérogènes* : ces parties se galvanisent comme les différentes parties d'une pile ; il y a étincelle, *chaleur, décomposition des principes existans, nouvelles combinaisons ;* nous ignorons le degré de chaleur que peut produire ce galvanisme ; mais il doit être assez considérable.

La densité de l'air atmosphérique était plus considérable dans les commencemens : elle diminue journellement, ce qui doit diminuer sa température.

Il est donc certain que le globe se refroidit continuellement; c'est un fait; mais nous ignorons la quantité de ce refroidissement.

DU FLUIDE LUMINEUX.

Le fluide lumineux exerce une action puissante sur un grand nombre de corps terrestres. Le muriate d'argent, exposé à la lumière, se colore, et il s'en dégage de l'oxigène.

Tous les corps colorés sont plus ou moins altérés par la lumière.

Les étoffes exposées long-tems aux rayons solaires, tels que les rideaux de fenêtres, sont non-seulement décolorées, mais détruites et comme brûlées.

John Davy a découvert un gaz qu'il appelle *phosgène*, qui est produit par l'action de la lumière (*Journal de Phys.*, *tom.* 75, *pag.* 409). Il expose à la lumière du soleil un mélange de volumes égaux de chlorine (acide muriatique oxigéné) et de gaz oxide de carbone. Il se produit un nouveau gaz qui a des propriétés particulières. Il le croit produit par la lumière; et il lui a donné le nom de *phosgène*.

Tous ces faits, qu'il serait inutile de multiplier, ne permettent pas de douter que le fluide lumineux ne se combine dans les corps terrestres, et n'en devienne un de leurs principes constituans.

DU FEU, OU FLUIDE CALORIQUE.

Il est aujourd'hui bien reconnu que le feu, ou le calorique, est combiné dans un grand nombre de corps. Cette vérité est avouée par tous les physiciens.

La théorie de la chaleur latente, ou de la chaleur spécifique des corps, est fondée sur ce principe.

On ne peut donc douter que le calorique ne soit combiné dans les corps terrestres, et ne soit un de leurs principes constituans.

DE L'ÉTAT ÉLECTRIQUE DU GLOBE TERRESTRE.

On considère ordinairement le globe terrestre comme un *vaste magasin* du fluide électrique. C'est ce que les physiciens appellent le *réservoir commun*. Ceci suppose que tous les corps qui composent ce globle sont dans un état habituel d'électricité; et c'est un principe reconnu de tous les physiciens.

J'ai fait voir, dans mes *Vues sur l'action galvanique*, que cet état électrique du globe était produit par l'action galvanique que les différentes parties hétérogènes dont il est composé, et qui forment différentes *strates*, exercent les unes sur les autres (*Journal de Physique, tom.* 76, *pag.* 468).

Cet état galvanique produit des décompositions des combinaisons existantes, et en forme de nouvelles.

Cet état produit encore des degrés de chaleur plus ou moins considérables, et quelquefois même des inflammations.

Ce fluide électrique doit influer sur la nature des corps qui le contiennent.

Mais nous manquons de faits positifs pour le démontrer.

Nous ignorons même s'il n'y a qu'un seul fluide électrique, comme Franklin, Volta.... le pensent; ou s'il y a deux fluides électriques, comme Symmer l'a avancé.

Cette opinion n'est cependant appuyée sur aucun fait qui puisse déterminer un esprit juste et impartial.

J'ai supposé (*Journal de Physique, tom.* 78, *pag.* 160), qu'il n'y a qu'un seul fluide électrique, et qu'il est composé, comme le fluide lumineux, de différens rayons, savoir :

Idio-électriques (électriques par frottement).
An-électriques (électriques par communication).
Pyro-électriques (électriques par la chaleur).
Sunaphto-électriques (électriques par contact).
Positivo-électriques.
Negativo-électriques

Les substances résineuses, le verre...., s'électrisent par frottement.

Les substances métalliques ne s'électrisent pas par frottement, mais par communication.

La tourmaline...... s'électrise par la chaleur, tandis que le verre, les substances métalliques...., ne s'électrisent pas par la chaleur seule.

Les substances métalliques s'électrisent par le contact; mais les pierres, les verres, les résines...., ne formeraient pas de piles voltaïques.

L'oxigène, les acides...., soumis à l'action de la pile, passsent au pôle positif.

Les alkalis, les terres........, dans les mêmes expériences, passent au pôle négatif.

DU FLUIDE DE LA LUMIÈRE ZODIACALE.

Cette lumière se présente comme une clarté blanche, assez semblable à celle de la voie lactée. Elle a ordinairement la forme d'un cône, dont la base est vers le soleil. Son axe est tout entier dans l'étendue du zodiaque : d'où lui est venu le nom de lumière zodiacale.

On avait cru que ce phénomène appartenait à l'atmosphère du soleil. Mais les astronomes pensent aujourd'hui que cette atmosphère solaire ne peut s'étendre que jusqu'à Mercure, parce que si elle s'étendait plus loin, par exemple jusqu'à la terre, elle retarderait les mouvemens de Vénus et de Mercure.

J'ai supposé (*Journal de Physique*, *tom.* 76, *pag.* 67), que cette lumière est produite par le fluide *nébuleux*, avec lequel elle a une grande analogie.

Cette opinion a été assez généralement adoptée.

Le brouillard sec qui, en 1783, couvrit une grande partie de l'Europe pendant plusieurs mois de l'été, avait une grande ressemblance avec la lumière zodiacale.

DU FLUIDE DES AURORES POLAIRES.

On aperçoit quelquefois auprès des régions polaires, surtout dans les régions boréales, une lumière plus ou moins vive. Elle paraît sous différentes couleurs, et est accompagnée de pétillemens comme des étincelles électriques.

Les aurores boréales paraissent quelquefois à de grandes élévations. Le 18 octobre 1726, on vit une aurore boréale à Rome et à Paris, éloignées de près de trois cents lieues. Le calcul a fait voir qu'elle devait être à la hauteur de 266 lieues (Mairan).

J'ai supposé (*Journal de Physique*, *tom.* 76, *pag.* 67) que les aurores boréales qu'on voit à de grandes hauteurs, ne peuvent pas être produites par l'atmosphère terrestre, et qu'elles dépendent de la *matière nébuleuse*. Ce sont des phénomènes analogues au brouillard sec qui couvrit pendant plusieurs mois, en 1783, une partie de l'Europe.

Tous ces fluides, le lumineux, le calorique, l'électrique, la lumière zodiacale, doivent avoir une influence quelconque sur les phénomènes géologiques.

DU MAGNÉTISME DU GLOBE TERRESTRE.

L'aiguille aimantée se tournant constamment à peu près vers les pôles du globe terrestre, on en a conclu que ce globe était dans un état habituel magnétique. Les deux pôles de l'axe magnétique s'éloignent peu de ceux de l'axe de rotation.

Les anciens ne connaissaient dans l'aimant que la propriété d'attirer le fer. Il paraît qu'ils ignoraient celle qu'il possédait de se diriger à peu près vers les pôles de la terre.

Mais les Chinois, le peuple le plus anciennement instruit, paraissent avoir connu depuis plusieurs siècles la direction de l'aimant vers les pôles. Quelques-uns de leurs auteurs font remonter cette découverte à 2700 ans avant notre ère vulgaire; et d'autres seulement à 1100 ans avant cette ère.

Mais on croit que cette propriété de l'aimant n'a été connue en Europe qu'en 1250, que Jacques de Vitry, qui accompagnait Louis IX à sa seconde croisade, la fit connaître. Il vit à Damiette des pilotes maures qui se servaient d'une aiguille aimantée qu'ils faisaient flotter sur un vase plein d'eau, par le moyen de morceaux de liége qui la soutenaient. Ces aiguilles se dirigeaient constamment à peu près au nord.

Ce fut au moins à peu près à cette époque qu'on a commencé à parler de la boussole, à laquelle on donnait le nom de *marinette*. Les marins l'appellent aujourd'hui *compas de mer*.

On distingue particulièrement deux phénomènes dans cette direction de l'aiguille aimantée vers les pôles :

L'un est la *déclinaison*.

L'autre est l'*inclinaison*.

DE LA DÉCLINAISON, OU DIRECTION DE L'AIGUILLE AIMANTÉE.

Quoiqu'on dise ordinairement que l'aiguille aimantée se dirige vers les pôles de la terre, sa véritable direction en est plus ou moins éloignée. On a donné le nom de *pôles magnétiques* à ces véritables points, vers lesquels l'aiguille est dirigée.

Par conséquent l'équateur magnétique, ou le cercle qu'on supposerait diviser le globe en égales distances des pôles magnétiques, diffère également de l'équateur terrestre.

Mais la direction de l'aiguille n'est pas constamment vers les mêmes points. Elle s'en écarte plus ou moins dans la plupart des contrées. C'est ce qu'on appelle *déclinaison.*

Cette déclinaison paraît varier continuellement ; car depuis environ deux siècles qu'on l'observe en Europe, on ne l'a jamais trouvée la même : elle se dirigeait d'abord à l'est ; et ensuite elle a avancé considérablement vers l'ouest. C'est ce qu'on appelle *variation séculaire.*

Des observateurs exacts ont reconnu dans ces derniers tems, que la déclinaison variait chaque année, chaque mois, chaque jour, et presque chaque heure de la journée. C'est ce qu'on appelle *variation annuelle*, et *variatipn diurne.*

DE LA VARIATION DIURNE.

L'aiguille éprouve chaque jour deux mouvemens bien distincts. *Hevelius* paraît l'avoir constaté le premier. Les observateurs qui l'ont suivi ont confirmé cette découverte. Gratham, en 1722, Canton ensuite, et tous les physiciens qui ont travaillé sur le magnétisme, ont cherché à déterminer la marche de cette variation.

« *Cassini* prétend que de midi, à trois heures, l'aiguille, » se tenant dans la direction du méridien magnétique, reste » sans mouvement. Elle se rapproche ensuite du pôle jusqu'à » huit heures du soir. Elle est stationnaire toute la nuit, » jusqu'au lendemain huit heures du matin. En prenant une » direction contraire, elle s'éloigne du pôle à peu près de la » même quantité qu'elle s'en était approchée la veille. A midi » elle redevient stationnaire. » (*Journal de Physique, juin* 1792, *page* 345).

DE LA VARIATION ANNUELLE.

Chaque mois, chaque année, l'aiguille a des oscillations et des stations, de manière cependant que le résultat général de ces balancemens dans nos contrées, est qu'elle avance de quelques minutes vers l'ouest. C'est ce que confirment toutes les observations. Nous allons rapporter celles de Cassini.

« 1°. Dans l'intervalle du mois de janvier au mois d'avril, » dit-il, l'aiguille aimantée s'éloigne assez généralement du pôle » (pour marcher à l'ouest), et la déclinaison est croissante de » mois en mois.

» 2°. Vers le mois d'avril, l'aiguille ne manque jamais de se » rapprocher du pôle (à l'est), c'est-à-dire, qu'elle devient » rétrograde; la déclinaison augmente de mois en mois, jusque » vers le solstice d'été, après quoi l'aiguille reprend son chemin » vers l'ouest; et, c'est ce qu'il y a de particulier, elle se re- » trouve toujours, vers le commencement d'octobre, vers le » même point où elle était au commencement de mai.

» 3°. Après le mois d'octobre, l'aiguille continue sa route » vers l'ouest, mais ne décrit plus un aussi grand arc; et dans » ces trois derniers mois de l'année, elle atteint ordinairement

» son *maximum* de déclinaison, en se balançant dans un arc de » cinq à six minutes (*Journal de Phys.*, *juin* 1792, *pag.* 349).

» De janvier en mars, l'aiguille s'éloigne du nord.

» De mars en mai, elle se rapproche du nord.

» Elle est à peu près stationnaire en juin.

» Elle s'éloigne du nord en juillet.

» Elle se rapproche du nord en août, septembre et octobre; » dans ce dernier mois sa direction est à peu près comme en » mai.

» Elle s'éloigne du nord en novembre et décembre.

» Son plus grand écart vers l'ouest a lieu à l'équinoxe du » printemps; et son plus grand rapprochement du nord (à l'est) » à l'équinoxe d'automne » (Cotte, *Journal de Physique*, *septembre* 1792, *page* 204).

Cet avancement de l'aiguille vers l'ouest, forme la variation séculaire.

DE LA VARIATION SÉCULAIRE.

Cette variation a été le principal objet des recherches des physiciens, et surtout des navigateurs. Ils ont fait un grand nombre d'observations pour constater la direction de l'aiguille à différentes latitudes et à différentes longitudes. Mais ce travail, suivi avec beaucoup de persévérance par Halley, est bien éloigné de sa perfection. La plupart des voyageurs n'avaient point les connaissances nécessaires pour faire avec soin ces observations. Les boussoles étaient d'ailleurs construites de manière à laisser une grande latitude à l'erreur; et même aujourd'hui, que leur construction est perfectionnée, on ne peut répondre d'une erreur de deux à trois degrés. Néanmoins je vais rapporter celles de ces observations qui paraissent les plus exactes.

En 1580, la direction de l'aiguille, à Paris, était de 11° 30′ à l'*est.*

Depuis cette époque, la direction de l'aiguille s'est rapprochée du pôle, et ensuite a passé à l'*ouest.* Nous allons représenter cette marche dans la table suivante.

TABLE DES DÉCLINAISONS DE L'AIGUILLE AIMANTÉE, OBSERVÉE A PARIS.

Années.	Déclinaisons.		Années.	Déclinaisons.	
		Est.			
1580	11°	30′	1706	9	48
1610	10°	0	1707	10	10
1666	0	0	1708	10	15
		Ouest.			
1670	1	30	1709	11	15
1680	2	40	1714	11	30
1681	2	30	1717	12	20
1683	2	50	1719	12	30
1684	4	10	1720 à 1724	13	
1685	4	10	1725	13	13
1686	4	30	1726 à 1727	14	10
1692	5	50	1730	14	25
1693	6	20	1731	14	45
1695	6	48	1732 à 1733	15	15
1696	7	8	1734 à 1740	15	45
1698	7	40	1744 à 1749	16	30
1699	8	10	1755	17	30
1700	8	12	1756	17	45
1701	8	25	1757 à 1758	18	
1702	8	48	1759	18	10
1703	9	6	1760	18	20
1704	9	20	1763	18	55
1705	9	35	1765	18	55

Années.	Déclinaisons.		Années.	Déclinaisons.	
1767	19	16	1784	21	26
1768	19	50	1785		
1769	19	50	1786	21	27
1773	19	55	1787	21	36
1774			1788	21	40
1775			1789		
1776			1790	21	32
1777			1791	21	55
1778	20	35	1792	21	52
1779	20	34	1793	21	54
1780	20	44	1805	22	5
1781	20	44	1813	22	26
1782			1814	22	34
1783	21	4			

George Gilpin a publié, en 1804, la Table des déclinaisons observées à Londres (1).

Observateurs.	Années.	Déclinaisons.		Marche annuelle à l'ouest.	
Burrows.	1580	11°	15′ est.		
Gunter.	1622	6	0	+ 7′	5
Gellibrand	1634	4	6	9	6
Bond.	1657	0	0	10	6
Gellibrand.	1665	1	22 ouest.	10	2
Halley.	1672	2	30	9	7
———	1692	6	0	10	5
Graham.	1723	14	17	16	0
———	1748	17	40	8	4
Heberden.	1773	21	9	8	4
Gilpin.	1787	23	19	9	3
———	1795	23	57	4	7
———	1802	24	6	1	2
———	1805	24	8	0	7

(1) *Journ. de Phys.*, *tom.* 65, *p.* 431.

La déclinaison a donc parcouru, à Paris et à Londres, environ trente-cinq degrés en deux cent vingt-cinq ans : depuis 1580, qu'elle était à onze degrés et demi à l'est, jusqu'en 1814, qu'elle était à vingt-deux degrés à l'ouest. Et en prenant un moyen terme, la déclinaison annuelle serait environ de neuf minutes chaque année.

Mais sa marche n'a pas été égale chaque année, comme la table le fait voir.

Elle a été ces dernières années peu considérable.

Elle a même paru quelquefois stationnaire.

DES BANDES SANS DÉCLINAISON.

Mais il est des points sur la surface du globe, où la déclinaison est nulle. Différens physiciens ont, d'après l'observation, tracé, sur la surface du globe, plusieurs de ces bandes sans déclinaison. *Halley* est un des premiers qui ait entrepris ce travail ; il donna, en 1700, une carte du globe, sur laquelle il traça les variations qu'il avait observées dans ses voyages, lesquels il avait entrepris principalement pour cet objet.

Wilcke, en 1768, donna, dans les Mémoires de l'académie de Stockolm, une nouvelle carte de ces variations. Monnier l'a fait réimprimer dans les Mémoires de l'académie des sciences de Paris, en 1772.

Mountains et *Dodran*, ont donné une autre carte de ces bandes sans déclinaison.

Buffon fit un relevé d'un grand nombre d'observations, et publia, en 1785, une nouvelle carte des déclinaisons.

Monnier en donna une autre en 1786.

J'en donnai également une en 1797, dans la seconde édition de ma Théorie de la terre.

On distingue sur la surface du globe trois bandes sans déclinaison.

PREMIÈRE BANDE SANS DÉCLINAISON.

En 1600, au cap des Aiguilles, à l'extrémité méridionale de l'Afrique, par les 38° de longitude, la déclinaison de l'aiguille était nulle, c'est-à-dire que l'aiguille se dirigeait aux pôles de la terre.

En 1658, la déclinaison était nulle, à Vienne en Autriche, par les 34° 30′ de longitude.

En 1657, la déclinaison était nulle à Londres, par les 17° 34′ de longitude.

En 1666, la déclinaison était nulle à Paris, par les 20° de longitude.

Chappe trouva une bande sans déclinaison, entre Cazan et Tobolsk, à 75° de longitude, et 55° de latitude boréale.

Euler fils, en 1769, trouva la déclinaison nulle à Orslo, 77° de longitude, et 51° 12′ de latitude boréale.

A Kola, capitale de la laponie russe, 50° 45′ de longitude, et 68° 52′ de latitude boréale ; la déclinaison était nulle en 1760.

Wiclke a supposé, d'après ces observations, que la bande sans déclinaison passait dans tous ces lieux.

Aujourd'hui on ne rencontre cette bande sans déclinaison qu'à l'ouest de ces contrées, à environ 304° de longitude.

La déclinaison de l'aiguille est à l'ouest dans toutes les régions situées à l'est de cette ligne ; en Europe, en Afrique et l'océan indien, jusqu'aux îles de la Sonde, etc.

SECONDE BANDE SANS DÉCLINAISON.

Halley observa une autre bande sans déclinaison, qui partait des îles Celebes, et remontait vers la Chine.

Cook a retrouvé, en 1780, cette bande sans déclinaison, entre Sumatra et Borneo, par les 122° de longitude, et les 2, 3 et 4° de latitude boréale.

Cook a suivi cette bande sur les côtes de la Chine à Maçao, sur celles du Japon, en passant à l'occident des îles Mariannes.

Il l'a observée jusqu'au 58° de latitude australe, et 16° de longitude.

Bougainville, en 1766, l'a trouvée par les 15° de longitude, et les 2° de latitude australe.

Furneaux l'a observée en 1773, à 44° de latitude australe, et 16° de longitude.

Cette bande formerait donc une ligne qui passerait auprès de Sumatra, et s'étendrait du côté de la Nouvelle-Hollande : elle se diviserait en deux auprès de Sumatra; l'une s'étendrait en Asie jusqu'à Kola; et l'autre se prolongerait entre la Chine et le Japon.

TROISIÈME BANDE SANS DÉCLINAISON.

Halley l'a reconnut àpeu de distance des côtes occidentales de l'Amérique méridionale : elle passe auprès de l'équateur aux îles de Calipagos, et se prolonge vers le pôle austral.

Toutes ces observations devraient être répétées aujourd'hui, à la même époque, par des voyageurs instruits, munis de bons instrumens.

DE L'INCLINAISON DE L'AIGUILLE.

Si on construit une aiguille d'acier, de manière que posée sur son pivot, ou dans sa chappe, ses deux parties soient parfaitement en équilibre, et qu'on l'aimante ensuite, son équilibre ne subsistera plus; mais elle s'inclinera fortement vers le nord, dans nos contrées, et vers le sud, si on la transporte

au-delà de l'équateur; c'est ce qu'on nomme *inclinaison de l'aiguille.*

Cette inclinaison varie suivant les latitudes; et il est des points où elle est nulle; ce sont ceux qui sont également éloignés des pôles magnétiques : ces points forment un grand cercle du globe, lequel coupe l'équateur terrestre; c'est *l'équateur magnétique*, qui est par conséquent différent de l'équateur terrestre.

L'inclinaison de l'aiguille est nulle sous l'équateur magnétique; elle augmente ensuite à mesure qu'on approche de chaque pôle magnétique. Dans notre hémisphère, c'est l'extrémité nord de l'aiguille qui s'incline; et dans l'hémisphère austral, c'est l'extrémité sud.

Les deux pôles magnétiques diffèrent, pour l'année 1800, de 10° 59′ des deux pôles du globe; l'équateur magnétique coupe donc l'équateur terrestre sous le même angle.

Nous allons rapporter les observations que des célèbres voyageurs ont faites sur l'inclinaison de l'aiguille, et différens continens.

Observations.		Latitude australe.		Longitude.		Inclinaison de l'aiguille.	
Cook,							
1780, mai,	31 jours.	12°	48′	1°	55′	00°	′
		12	11	1	37	1	16
	25	18	12	8	28	13	57
	20	24	35	17	35	28	15
	17	27	36	25	23	34	22
	13	32	32	33	31	44	20
Au cap de Bonne-Espérance,							
1780, avril,	21	34	15	35	56	46	45
	4	35	23	42	30	49	37
Février	2	0	22	112	29	15	22
	6	4	36	121	37	24	22

Observations.	Latitude australe.		Longitude.		Inclinaison de l'aiguille.	
1777, janvier, 7	48	10	112	44	69	54
Décembre, 20	3	13	221	0	0	12
19	4	36	221	47	3	51
1773, mai,	45	47	183	53	70	5
Bayli,						
1777, janvier, 13	47	50	131	25	73	10
Cook,	Boréale.					
1774, juillet,	9	24	125	47	0	5
Eckeberg,						
1780, janvier, 26	8	39	123	54	1	55
20	8	49	125	20	2	0
29	6	53	122	54	1	39
1779, janvier, 12	18	35	221	50	38	30
Mars, 6	21	56	233	51	43	11
Octobre, 26	40	59	165	52	51	53
Eckeberg,						
1779, octobre, 14	48	17	179	20	54	0
Septembre, 15	53	0	176	19	63	1
Juin, 21	55	51	181	26	65	31
30	61	48	198	5	71	54
Juillet, 10	68	1				
18	70	26	213	27	79	58
Bayli,						
1779 août, 18	70	30	215	20	81	46
Phipps,						
1773, juillet, 9	80	12	19	37	81	52
Août, 29	80	27	32	51	82	2
La Peyrouse,	Australe.					
côtes du Brézil,	10	57	334	35	0	0
Humboldt,						
1800, au Pérou,	7	1	300		0	0

L'inclinaison à Paris, en octobre 1810, était de 68° 50'.

L'inclinaison à Paris, le 2 décembre 1814, à midi, était 68° 36', par conséquent elle y diminue.

L'inclinaison de l'aiguille paraît être sujette à une variation séculaire comme la déclinaison. ; nous n'avons peut-être pas encore un assez grand nombre d'observations pour la déterminer ; nous allons rapporter celles qui paraissent les plus exactes.

Norman, qui le premier observa l'inclinaison de l'aiguille en Angleterre, la détermina à 71° 50' pour l'année 1575.

Bond, cent ans après, en 1676, la trouva de 73° 47'. Ces observations ne paraissent pas assez exactes.

Wshiston, qui eut des instrumens meilleurs, observa à Londres, en 1720, l'inclinaison à 75° 10'.

Cavendish, en 1776, fit un grand nombres d'observations avec son exactitude ordinaire, et détermina l'inclinaison à 72° 30'.

L'inclinaison aurait par conséquent, en 55 ans, diminuée chaque année d'une quantité moyenne = 2' 9.

Gilpin, qui, en 1805, a fait un grand travail sur cet objet (1), a trouvé pour Londres, l'inclinaison de 70° 21'.

Cette observation, comparée à celle de Cavendish, donne, pendant ces dix années, un décroissement annuel moyen = 4' 3.

Et si l'on répartit le décroissement sur les trente dernières années, la diminution annuelle de l'inclinaison de l'aiguille, serait chaque année = 1' 4.

L'inclinaison a été également observée à Paris.

En 1690, Richer dit que l'inclinaison à Paris est de 75°.

---

(1) *Journal de Physique*, tom. 65, pag. 431.

Monnier dit qu'en 1775, cette inclinaison à Paris était de 72°. (Monnier, page 64, du Magnétisme).

En 1798, l'inclinaison à Paris, était, suivant Humboldt, de 69° 51'.

En 1810, en octobre, elle était 68° 50.

En 1814, en décembre, elle était 68° 36. (Annuaire pour l'an 1815, page 147).

L'inclinaison diminue donc annuellement à Paris comme à Londres.

DE L'ÉQUATEUR MAGNÉTIQUE.

Les observations que nous venons de rapporter, prouvent que l'inclinaison de l'aiguille varie suivant les latitudes. Cook l'a trouvée nulle; c'est-dire à zéro pour les 12 degrés de latitude australe, et o de la même latitude; il l'a encore trouvée nulle par les 9 degrés de latitude boréal; les longitudes variant.

Phipps, par les 80 degrés de latitude boréale, et les 19 degrés de longitude, a trouvé l'inclinaison de l'aiguille, de 82 degrés.

Ces observations prouvent que l'équateur magnétique est différent de l'équateur terrestre; et par conséquent, les pôles magnétiques diffèrent de ceux du globe.

Humboldt a fait également un grand nombres d'observations sur l'inclinaison de l'aiguille à différentes latitudes : elles sont conformes à celles des autres voyageurs, dont nous venons de parler; il a trouvé l'équateur magnétique au Pérou, à 7°. 1'. de latitude australe, et 80° 41' de longitude à l'occident de Paris.

Biot et *Humboldt* ont comparé toutes ces observations, pour déterminer l'équateur magnétique : voici le résultat de leur travail (1).

(1) *Journal de Physique*, tom. 59, pag. 447.

Pôle magnétique boréal :

Latitude.	79°	1′	4″
Longitude occidentale. . . .	30°	2′	5″

La longitude est prise à l'occident de Paris.

Pôle magnétique austral :

Latitude.	79°	1′	4′
Longitude à l'orient de Paris.	149°	67′	55″

Les nœuds de l'équateur magnétique, c'est-à-dire les lieux où il coupe l'équateur terrestre, ont été déterminés, par ces savans, de la manière suivante :

Le nœud oriental est à 59° 57′ 55″ de longitude à l'orient de Paris, c'est-à-dire dans la mer des Indes, entre les Maldives et les îles Sechelles.

Le nœud occidental est à 260 degrés de longitude orientale de Paris, c'est-à-dire à 120° 2′ 5′ de longitude occidentale proche les îles Gallipagos, dans la mer du sud.

Ces résultats diffèrent peu de ceux qu'avaient donné antérieurement Wilcke, et Le Monnier.

On a en conclu, que l'équateur magnétique doit être regardé comme un grand cercle analogue à l'équateur terrestre ; et coupant celui-ci sous des angles d'environ 11 degrés ; dans la mer des Indes, par la longitude d'environ 60 degrés ; et dans la mer du sud, par la longitude, de 240 degrés.

DE L'INTENSITÉ DE LA FORCE MAGNÉTIQUE.

L'intensité de la force magnétique varie suivant les latitudes. Humboldt a prouvé que son *minimum* était sous l'équateur magnétique, et son *maximum* vers les pôles magnétiques. Elle va par conséquent toujours en croissant, depuis cet équateur jusqu'aux pôles (1).

---

(1) *Journal de Physique*, tom. 59, pag. 431.

On estime cette intensité par le nombre de vibrations que fait, dans un tems donné, une aiguille bien suspendue. Voici les observations sur lesquelles Humboldt s'est fondé. Il les a faites avec une bonne aiguille, dont il a observé les vibrations en dix minutes de tems :

Vibrations de l'aiguille au Pérou. . . . . 211.
Vibrations à Paris. . . . . 245.

Le nombre de ces vibrations a toujours été moindre en approchant de l'équateur, en raison des latitudes.

Mais le nombre de ces vibrations est souvent augmenté par des portions de fer magnétique qui se trouve dans les montagnes. C'est ce qui a été constaté par plusieurs observations de Humboldt, dans différens endroits de l'Amérique.

Biot a eu les mêmes résultats. Son aiguille, qui faisait à Paris 83. 9 vibrations en dix minutes, en fit 88. 2 sur le mont Genèvre.

DES CAUSES DU MAGNÉTISME DU GLOBE TERRESTRE.

Nous venons de rapporter un grand nombre de phénomènes que présente le magnétisme. Ils sont vraisemblablement produits par l'action d'un fluide quelconque. Mais quel est ce fluide? Comment agit-il? La physique est encore bien loin de pouvoir répondre d'une manière satisfaisante à ces différentes questions. Exposons quelques-unes des qualités de ce fluide.

1°. Une verge de fer posée verticalement, devient magnétique après un certain tems : ce qui n'a pas lieu lorsqu'elle est horizontale.

2°. On magnétise un morceau de fer, ou d'acier, en le frottant contre un aimant, ou un morceau de fer aimanté. Il faut

que les pôles du même nom se correspondent toujours : c'est-à-dire, le pôle sud au pôle sud ; le pôle nord au pôle nord.

3°. On peut même aimanter des barreaux d'acier sans aimant, comme l'a fait Antheaume. Il place sur un plancher, dans la direction du méridien magnétique, des barres de fer, et il fait glisser sur ces barres des petits barreaux de fer, ayant soin de ne pas changer les pôles. Il obtient bientôt des aimans assez puissans.

4°. *Vacca* a fait des aimans artificiels par un autre procédé (1). On sait qu'une verge de fer, placée verticalement pendant quelque tems, s'aimante seule. Il frotte ensuite contre cette verge des barreaux d'acier, qui deviennent de forts aimans.

5°. L'électricité peut encore aimanter des verges de fer. Franklin a aimanté des barreaux de fer en les posant dans la direction du méridien magnétique, et les électrisant fortement.

On a des observations qui prouvent que le tonnerre étant tombé dans des lieux où se trouvaient des instrumens de fer ou d'acier, ils se sont trouvés magnétisés.

Le tonnerre, en frappant des lieux où se trouvaient des aiguilles aimantées, par exemple sur des vaisseaux, l'aiguille perd sa direction.

L'aurore boréale fait également varier l'aiguille aimantée.

6°. La chaleur peut aussi produire le magnétisme. On place dans le méridien magnétique des barreaux d'acier. On les chauffe doucement, et ensuite on les refroidit subitement : ils se trouvent aimantés.

Les instrumens d'acier, comme les limes, les forets, s'aimantent souvent de cette manière, lorsque l'ouvrier s'en sert pendant un certain tems.

Mais une trop forte chaleur détruit le magnétisme. Une ai-

(1) *Journal de Physique*, tom. pag.

guille aimantée, qu'on fait rougir fortement, cesse d'être magnétisée.

7°. Si on place dans le méridien magnétique un barreau aimanté, et qu'on jette sur ce barreau de la limaille d'acier, on la voit s'arranger en faisant des espèces de demi-cercles d'un pôle à l'autre.

8°. Le fluide magnétique agit à travers les corps : car si on place dans un vase de la limaille de fer, et qu'on présente un aimant à la surface extérieure du vase, la limaille en est attirée.

Il agit également à travers l'eau.

9°. Son action a également lieu dans le vide de la machine pneumatique.

10. Son action, à une certaine hauteur au-dessus de la surface de la terre, n'est point changée, comme l'a prouvé Gay-Lussac, dans son ascension aérostatique à 3600 toises.

11°. Si on approche l'une de l'autre deux aiguilles aimantées, et mobiles, et qu'on en présente les deux pôles de même nom, c'est-à-dire, les deux pôles nord ou les deux pôles sud, elles se repoussent.

Mais si l'on présente deux pôles opposés, c'est-à-dire le pôle boréal de l'une au pôle austral de l'autre, elles s'attirent.

Ce phénomène est le même que celui que présentent les corps électrisés, positivement ou négativement. Si on approche deux corps électrisés positivement, ils se repoussent. La même répulsion a lieu entre deux corps électrisés négativement. Mais si l'un de ces corps est électrisé positivement, et l'autre négativement, ils s'attirent.

On a conclu de tous ces faits, qu'il y avait un fluide magnétique qui agit sur les corps magnétisés, d'une manière à peu près analogue à celle du fluide électrique qui produit les phénomènes de l'électricité.

Wilcke, *Brugman*.... ont même supposé qu'il y avait deux fluides magnétiques, l'un *boréal*, et l'autre *austral*; comme Symmer avait supposé deux fluides électriques, l'un *vitré*, et l'autre *résineux*.

Daniel Bernouilli a prouvé que la force des aimans était en raison des surfaces, et non point en raison des solides.

Lambert pensait que l'action du fluide magnétique est en raison inverse du carré des distances : c'est ce qu'a prouvé postérieurement Coulomb, par des expériences très-délicates, faites avec sa balance dite de *torsion*.

Le globe terrestre doit être regardé comme un gros aimant, qui a ses deux pôles magnétiques situés à peu près vers les pôles de son axe. Mais ces deux pôles magnétiques ne sont pas constans : ils changent de places, et suivent les mêmes variations que la déclinaison.

Mais comment expliquer le changement de direction de la force magnétique du globe ? Nous avons vu qu'à Paris, en 1580, la direction de l'aiguille était de 11° 30′ à l'est du pôle de la terre. En 1666, elle était directement au pôle; et en 1807, elle est environ de 24° à l'ouest. La physique n'a encore pu résoudre ce problême.

Halley, qui a fait de si beaux travaux sur le magnétisme, supposait que dans le centre du globe il y avait un petit noyau qui n'était point adhérant au globe (à peu près comme les noyaux des pierres d'aigle). La force magnétique du globe était toute concentrée dans ce noyau, qui avait ses deux pôles comme tous les corps aimantés. Ce noyau avait sur son axe un mouvement très-lent d'orient en occident; ce qui faisait varier, de la même manière, la direction de l'aiguille.

Ce noyau serait, par rapport au globe, comme le noyau mobile, qui est au centre des ætites, ou pierres d'aigle.

Quoiqu'il serait impossible de prouver la réalité de cette supposition, elle explique au moins ce singulier phénomène. Mais on ne doit la regarder que comme une hypothèse.

La physique n'a pu jusqu'ici donner aucune explication satisfaisante de ces phénomènes.

Nous avons vu que Gay-Lussac, élevé dans les airs à trois mille six cents toises, n'a observé aucune variation dans la force magnétique. Nous en pouvons conclure qu'elle s'étend peut être jusqu'aux autres globes, et que, par conséquent, le fluide magnétique est un des grands fluides de l'univers répandus dans l'espace.

Mais sa nature ne nous est pas plus connue que celle des autres fluides éthérés, le calorique, le lumineux, l'électrique....

Morichini est parvenu à aimanter des aiguilles d'acier, en les exposant à des rayons violets du prisme (1) ; d'où il a conclu que ces rayons violets peuvent communiquer le magnétisme, et sont peut-être le fluide magnétique.

On peut donc dire qu'il y a quelques probabilités que le magnétisme du globe a pu être produit par les rayons lumineux, principalement les violets.

Mais l'expérience de Morichini n'expliquerait point la cause des variations de la déclinaison, ni de l'inclinaison, ni de celle des bandes sans déclinaison ; car les effets de la lumière du soleil sur le globe doivent être toujours à peu près les mêmes.

Il faut donc attendre de nouveaux faits pour pouvoir soupçonner la cause de ces phénomènes. En attendant, continuons d'observer.

---

(1) *Journal de Physique*, tom. 77, pag.

DE LA MASSE DES GAZ QUI ENVELOPPENT LE GLOBE TERRESTRE, OU DE LA FORMATION DE L'ATMOSPHÈRE TERRESTRE.

Sic igitur terræ concreto corpore pondus
Constitit, atque omnis mundi quasi limus in imum
Confluxit gravis, et subsedit funditus, ut fæx,
Inde mare, inde aër, inde ether ignifer ipse.

LUCRETIUS, Lib. V.

Lors de la formation de notre globe, les parties les plus pesantes en ont gagné le centre ; et les plus légères, savoir : les eaux, les gaz, le fluide calorique, le fluide électrique, le magnétique...., ont été repoussés à sa surface, comme l'a dit Lucrèce. C'est ce qui a formé les mers, l'atmosphère et les différens fluides aériformes qui l'enveloppent. Nous allons considérer ici principalement l'atmosphère terrestre.

Cette atmosphère est composée, 1°. d'air pur, ou gaz oxigène ; 2°. d'air impur, ou gaz azote ; 3°. d'une petite portion d'air inflammable, ou gaz hydrogène ; 4°. d'une petite portion d'acide carbonique.

Voici les proportions de ces différens gaz, qui ont été données par les expériences les plus récentes :

Air pur, ou oxigène.	0.210
Air impur, ou azote.	0.783
Air inflammable, ou hydrogène. . .	0.003
Acide carbonique.	0.004
Eau.	x
Miasme.	x

L'acide carbonique, qui est très-soluble dans l'eau, est saisi promptement par les eaux pluviales, qui l'entraînent avec elles dans les mers et dans les lacs. D'ailleurs sa pesanteur spécifique

est beaucoup plus considérable que celle des autres gaz ; il ne saurait donc s'y soutenir. Aussi toutes les eaux qui sont à la surface du globe en contiennent une certaine quantité.

L'air inflammable, qui est très-léger, gagne les régions supérieures de l'atmosphère. C'est pourquoi l'air est moins pur en général sur les hautes montagnes, que sur celles qui sont à une hauteur moyenne.

Mais l'air pur ou oxigène, et l'air impur ou azote, forment les masses principales de l'atmosphère.

DE LA HAUTEUR DE L'ATMOSPHÈRE TERRESTRE.

Cette hauteur ne nous est point encore connue, malgré les recherches des plus grands physiciens qui ont employé différentes méthodes pour la déterminer.

Les réfractions astronomiques ont parues aux astronomes pouvoir donner cette hauteur, parce qu'elles sont produites par l'air atmosphérique. Or, ces réfractions sont sensibles à 18 degrés au-dessous de l'horizon : d'où ils ont conclu que la hauteur de l'atmosphère était environ de dix-huit à vingt lieues.

Ils ont cru que l'ombre que l'atmosphère terrestre jette sur la terre, pouvait en déterminer la hauteur. Elle serait de 54000 toises, ou environ de 25 lieues.

Enfin, le baromètre a paru devoir donner la hauteur de l'atmosphère plus exactement qu'aucun autre moyen, puisque le mercure ne se sontient dans le tube de Toricelli, que par un poids équivalent d'air atmosphérique.

Or, en supposant que le mercure descend environ d'une ligne, en s'élevant de 75 pieds, on aurait pour la hauteur de l'atmosphère, 75 × par 336, qui correspondent à 28 pouces de mercure.

Mais le mercure ne descend d'une ligne pour 75 pieds de

hauteur, que pris de la surface de la terre. A mesure qu'on s'en éloigne, cette quantité est beaucoup plus considérable ; ainsi, lorsque le mercure du baromètre ne se soutient qu'à 14 pouces, la couche d'air correspondante doit être plus légère.

L'air étant très-compressible, cette quantité augmente à mesure qu'on s'élève, ensorte qu'on ignore combien de pieds d'air atmosphérique seront nécessaires pour correspondre à un abaissement d'une ligne de mercure, lorsque, par exemple, il ne se soutiendrait plus qu'à 6 lignes dans le tube : on sait combien on a de peine à le faire descendre, dans ces circonstances, sous la machine pneumatique, et y faisant le vide.

Deluc a fait ce calcul ; il suppose que la zone d'atmosphère où le mercure ne se soutiendrait qu'à une ligne, serait de 25275 pieds, ou de 4212-5 toises.

Newton a exprimé cette dilatabilité de l'air, et sa compressibilité, de la manière suivante (Optiq., question XXVIII).

« L'air est comprimé par le poids de l'atmosphère, et la » quantité de l'air étant proportionnée à la force qui le com- » prime, il s'ensuit par le calcul, qu'à la hauteur de » huit milles d'Angleterre (un mille est de 830 toises), de » notre globe, l'air est quatre fois plus rare que sur la surface » de notre globe, et qu'à la hauteur de seize milles il est seize » fois plus rare qu'à la surface de la terre ; qu'à la hauteur de » 24, de 32, de 40 milles, il est respectivement 64, 256, » ou 1024 fois plus rare ; et qu'à la hauteur de 80, de 160, » ou de 240, il est environ 1,000,000, ou 1,000,000,000,000, » ou 1,000,000,000,000,000,000 de fois plus rare, ou même » davantage ».

Mais enfin cette hauteur a-t-elle un terme?

« Si l'atmosphère était le seul grand corps de l'univers, dit » Deluc (Modifications de l'atmosphère, tome 2, page 248), » il suivrait de notre principe, que l'atmosphère serait sans

» bornes ; mais il existe d'autres globes vers lesquels l'air gra-» vite : par conséquent, à de certaines distances de la terre, » l'air, au lieu de continuer à se dilater, doit se condanser de » nouveau, en tendant vers d'autres globes plur fortement que » vers la terre ».

On sait qu'on ne peut point faire un vide parfait dans la machine pneumatique. »

On doit conclure de tous ces faits, que l'air atmosphérique n'a une certaine densité qu'à environ vingt lieues de hauteur : mais qu'au delà, il se dilate, jusqu'à ce qu'il rencontre les atmosphères des autres corps célestes : et on n'a encore pu assigner les limites de cette distance.

Mais les faits paraissent prouver que la hauteur de cette atmosphère, qui a une certaine densité, diminue successivement, comme on l'observe dans l'atmosphère de la lune, qui n'a presque plus assez de densité pour refracter d'une manière sensible les rayons de lumière passant dans son voisinage.

D'ailleurs, des portions considérables d'air se sont combinées, et se combinent dans la formation des différens corps, soit organiques, soit inorganiques, qui s'est opérée depuis la consolidation primitive du globe : ce qui doit diminuer la masse primitive de l'atmosphère, laquelle, par conséquent, est moins considérable aujourd'hui.

DES COURANS DANS L'ATMOSPHÈRE TERRESTRE, OU DES VENTS.

Il existe des courans ou des vents dans l'atmosphère.

Cette action des vents est si forte sur les eaux des mers, et les courans de celle-ci ont une si grande influence sur la surface du globe, que le géologue ne peut se dispenser de parler des uns et des autres.

L'atmosphère est un fluide immense formant une surface sphéroïde, très-elevée sous l'équateur; dont une des grandes circonférences a neuf mille lieues de circuit proche la surface de la terre, et une hauteur dont nous ne connaissons point encore les limites. Son équilibre est sans cesse troublé, et il s'y excite des courans comme dans tout fluide, dont les parties cessent d'être en équilibre; ces courans, qui constituent les vents, transportent des masses d'air à des distances plus ou moins considérables.

Les physiciens reconnaissent ordinairement trois causes principales des vents.

« Les vents, dit Mariotte (1), sont les effets de trois causes » principales et générales ».

« 1°. Les mouvemens de la terre d'occident en orient.

» 2°. Les vicissitudes des réfractions de l'air par la chaleur » du soleil, et de ses condensations, lorsque le soleil cesse de » l'échauffer.

» 3°. Les vicissitudes des élévations de la lune vers son » apogée, et de ses descentes vers son périgée.

» La surface de la terre entraîne avec soi l'air qui en est » proche, mais *avec un peu moins de vîtesse* : ce qui doit faire » ressentir un mouvement d'air d'orient en occident à ceux qui » sont sous l'équateur, jusqu'à une latitude de plus de 20 degrés » de part et d'autre, c'est delà que peuvent procéder les vents » *alizés* entre les tropiques ».

Cousin a dit, dans son Traité élémentaire de physique, imprimé en 1795, page 135 :

« Le noyau de la terre se meut d'occident en orient avec plus

(1) Traité du mouvement des eaux, imprimé en 1690, et collection de ses œuvres, édition in-4°., pag. 343.

» de vîtesse que les eaux qui la recouvrent, et que l'atmos-
« phère qui environne ces eaux : d'où il doit résulter un vent
» alizé d'orient en occident, et un courant constant dans la
» même direction ».

Nous allons examiner les effets de chacune de ces causes sur les vents.

Il y a quatre vents généraux :

1°. Un vent qui correspond aux marées des eaux de l'océan, produit également par l'action du soleil et de la lune sur l'atmosphère, et qui les porte à l'occident.

2°. Le grand vent alizé d'est, d'orient en occident.

3°. Un vent qui vient de chaque pôle à l'équateur.

4°. Un vent qui souffle de l'équateur aux pôles.

DU VENT DES MARÉES.

Le soleil et la lune agissent sur l'atmosphère de la terre comme ils agissent sur les mers ; ils doivent donc y produire des effets analogues, c'est-à-dire les *transporter à l'occident.* Mais les mers ont peu de profondeur, et elles sont coupées par des continens plus ou moins étendus ; au lieu que l'atmosphère a une assez grande profondeur, et elle forme une masse considérable fluide, non interrompue.

Il est vrai que l'air a une densité huit à neuf cents fois moindre que celle de l'eau, ce qui a fait dire à de grands géomètres, que l'action du soleil et de la lune, sur l'atmosphère, était presque nulle.

Mais d'*Alambert*, dans son mémoire sur la cause des vents, couronné à l'académie de Berlin, en 1746, reconnaît toute l'influence de l'action du soleil et de la lune sur l'atmosphère terrestre : et cette opinion est prouvée par tous les faits.

Car l'action de ces vents est très-sensible dans les équinoxes, et dans les solstices : on éprouve, à ces époques, des coups de vents plus ou moins violens.

DU VENT ALIZÉ D'EST, OU COURANT A L'OCCIDENT.

L'atmosphère doit être considérée, ainsi que la masse des mers, comme faisant presque partie du globe terrestre, et tournant avec la même vîtesse que lui. Ce mouvement, très-rapide sous l'équateur, diminue jusqu'aux pôles, où il est nul. Mais la rareté de l'air atmosphérique l'empêche, suivant les physiciens dont nous venons de parler, de se mouvoir aussi vîte que la partie solide du globe : ceci doit être encore plus sensible pour les couches élevées qui correspondent à l'équateur.

Une autre cause doit retarder le mouvement des couches supérieures de l'atmosphère, c'est la résistance qu'elles éprouvent en traversant les fluides étherés, lumineux, qui remplissent l'espace; car, ces fluides, quelque subtils qu'ils soient, doivent faire, et font effectivent une résistance quelconque aux corps qui les traversent ; il serait difficile de calculer quelle doit être cette résistance qu'ils font éprouver à l'atmosphère terrestre, et par conséquent, quel doit être le mouvement rétrograde apparent de celle-ci; nous ignorons et l'étendue de l'atmosphère, et la nature des fluides qu'elle traverse.

Mais à en juger par les comètes, dont les atmosphères sont quelquefois visibles sous formes de chevelures, de queues, ces mouvemens peuvent être considérables ; il est des comètes dont les queues sont très-prolongées et ont jusqu'à 100 degrés d'étendue en arrière, tandis qu'à la partie antérieure de l'astre, cette atmosphère a peu d'étendue.

On doit conclure de ces faits, que la couche d'air qui est à une certaine élévation au-dessus des plus hautes montagnes, doit

se mouvoir moins vîte que ces montagnes : cette couche paraît en conséquence avoir un mouvement moins rapide que celui du globe, c'est-à-dire qu'elle paraît se mouvoir d'orient en occident. Le mouvement qu'ont les couches supérieures se communique jusqu'à celles qui sont proche la surface de la terre, et doit contribuer au vent alizé général d'*est* ; c'est une des causes du vent alizé.

Quelques physiciens prétendent que ce principe avancé par Mariotte n'est pas exact : un globe, disent-ils, tel que celui de la terre, qui tourne sur son axe, doit bientôt imprimer aux fluides, dont il est enveloppé, la même vîtesse qu'il a lui-même ; ils prétendent que les fluides étherés répandus dans les espaces que ces globes traversent, n'apportent aucune résistance à son mouvement.

On peut leur répondre que les plus grands physiciens, Newton, Euler, conviennent que les fluides étherés répandus dans l'espace, opposent aux mouvemens du globe terrestre (et des autres globles), une résistance sans doute très-faible ; mais enfin elle existe.

Les faits que nous venons de rapporter sur les mouvemens des comètes ne laissent, à cet égard, aucuns doutes.

II. Seconde cause du vent général d'*est :* suivant Mariotte, c'est l'action de la lune sur l'atmosphère. Il avait négligé celle du soleil; mais d'Alambert (1) a prouvé que le soleil agissait, ainsi que la lune, sur l'atmosphère, comme sur l'océan, et y produisait un mouvement semblable vers l'occident, c'est-à-dire, des marées.

Quelques géomètres soutiennent aujourd'hui que cette cause a très-peu d'effet, et peut-être même qu'elle est nulle. Cepen-

---

(1) *Mémoire sur la cause des vents*, 1746.

dant il est reconnu qu'on a de grands coups de vent aux équinoxes, quelquefois aux solstices, principalement si l'action de la lune correspond, dans ces momens, à celle du soleil ; c'est-à-dire si elle est dans son perigée ou apogée : or ces vents ne peuvent être produits que par l'action du soleil et de la terre, laquelle se fait également sentir avec force sur les marées, aux mêmes époques ; ainsi leur objection paraît contraire aux faits.

III. Mais la principale cause du vent alizé d'est, provient de la chaleur du soleil comme l'avait dit Halley. Le soleil dilate l'air atmosphérique pendant le jour ; cet air se condense pendant la nuit : par conséquent, cette dilatation produit un vent qui précède le lever du soleil ; aussi le vent d'*est* à l'aurore, se fait-il toujours sentir avec assez de force pour être froid : et il est plus fort en été qu'en hiver.

L'air qui avait été dilaté douze heures auparavant se condense pendant la nuit ; il se fait donc un vide momentané qui est remplacé par l'air *raréfié*.

Pour estimer les effets que cette cause doit produire, il faut se rappeler que :

a. L'air atmosphérique, depuis le terme de la glace jusqu'à celui de 20 degrés Réaumur, se dilate d'environ un douzième.

b. Sa dilatation est d'environ un quart, depuis zéro jusqu'à la température de 40 dégrés.

c. Cette dilatation est d'un tiers, depuis zéro jusqu'à la température de 60 degrés (1).

Or, sous la zone torride la chaleur du jour va jusqu'à 30, 40, et même 70 degrés dans les sables, tandis que les nuits sont assez fraîches.

Il est vrai, qu'à une certaine élévation au-dessus de la surface

---

(1) Prony, *Journal de l'Ecole polytechnique*.

de la terre, ces dilatations et condensations de l'air ne doivent pas être aussi considérables; mais elles le sont toujours assez pour troubler l'équilibre de l'atmosphère d'une manière assez sensible, pour produire le grand vent alizé d'est.

Voilà donc trois causes générales du grand vent alizé, le vent c'est.

1°. La vîtesse de rotation de l'atmosphère moins grande que celle du globe.

2°. L'action du soleil et de la lune sur l'atmosphère.

3°. La dilatation que produit l'action des rayons solaires sur l'air atmosphérique. Dans les régions équinoxiales, cet air est plus ou moins dilaté, et il est plus ou moins condensé dans les régions polaires.

DES VENTS, OU MOUVEMENS DE L'AIR DE L'ÉQUATEUR AUX POLES.

Cet air dilaté sous l'équateur s'élève dans les régions supérieures, et se porte ensuite vers les régions polaires, pour rétablir l'équilibre dans l'atmosphère : cette vérité a été reconnue par Flanklin.

« Le soleil, dit La Place, que nous supposons, pour plus de » simplicité, dans le plan de l'équateur, y raréfie par sa chaleur » les colonnes d'air, et les élève au-dessus de leur véritable » niveau : elles doivent donc retomber par leur poids, et se » porter vers les pôles dans la partie supérieure de l'atmos» phère; mais en même tems, il doit survenir, dans la partie » inférieure, un nouvel air frais, qui, arrivant des climats situés » vers les pôles, remplace celui qui a été raréfié à l'équateur. » Il s'établit ainsi deux courans opposés, l'un dans la partie » inférieure, et l'autre dans la partie supérieure de l'atmos» phère : or, la vîtesse réelle de l'air due à la rotation de la » terre, est d'autant moindre qu'il est plus près du pôle, il

» doit donc, en s'avançant vers l'équateur, tourner plus « lentement que les parties correspondantes de la terre; » ainsi, l'air paraît souffler dans un sens opposé à celui » de la rotation de la terre, c'est-à-dire d'orient en occident: » c'est en effet la direction des vents alizés ». *Exposition du système du monde*, in-4°., pag. 277.

Mais le soleil n'étant point exactement dans le plan de l'équateur, ses mouvemens alternatifs vers les tropiques donnent encore plus de force au courant alizé, qui se change en vents du *nord-est* et du *sud-est*, comme l'avait déjà observé Dampierre, dans son Voyage autour du monde, en 1696, 2 vol. in-12.

DES VENTS GÉNÉRAUX DU NORD ET DU SUD, OU DES COURANS DE L'AIR DES POLES A L'ÉQUATEUR.

Mais le soleil et la lune n'ont point toujours la même position, relativement à la terre.

Le soleil s'écarte de 23° 27′ 30″ de chaque côté de l'équateur terrestre, c'est-à-dire que l'axe de la terre est incliné de la même quantité sur le plan de son orbite.

La lune s'écarte de chaque côté de l'équateur terrestre de plus de 30 degrés.

Ces différentes positions de la terre, relativement au soleil et à la lune, produiront de nouveaux mouvemens dans l'atmosphère terrestre, comme ils en produisent dans l'océan, relativement aux marées: aussi voyons-nous des vents plus ou moins impétueux aux équinoxes, aux solstices, et aux différens points lunaires.

Néanmoins les plus grands changemens dans les vents sont produits principalement par les différens degrés de chaleur, que la présence ou l'abscence du soleil occasionne alternative-

ment dans les deux hémisphères de la terre : il en naît de nouveaux vents généraux de nord et de sud.

Lorsque le soleil correspond à un des tropiques de la terre, il éclaire, et échauffe tout cet hémisphère : il y a un jour de plusieurs mois à ce pôle, la chaleur y devient considérable, et monte jusqu'à 28 et 30 degrés : les neiges et les glaces fondent dans les plaines, et sur la plupart des montagnes.

Dans le même tems, le pôle opposé est couvert d'épaisses ténèbres, le froid le plus rigoureux s'y fait sentir, des brumes continuelles y règnent, la neige s'y amoncèle de plusieurs pieds, les eaux y perdent leur liquidité : on y trouve des amas énormes de glaces de plusieurs centaines de pieds d'épaisseur.

On sent combien l'air doit être condensé par un froid, que nous avons vu monter jusqu'à la congélation du mercure, et qui sans doute va encore beaucoup plus loin. Si la condensation de l'air par le froid est proportionnelle à sa dilatation par la chaleur, elle sera de près d'un tiers de ce qu'il était au terme de la glace.

Le soleil revenant ensuite échauffer cet hémisphère, en dilate l'air jusqu'à 25 ; 30, 40, et même 60 degrés au-dessus de zéro, quelle dilatation cet air n'éprouvera-t-il donc pas ? elle sera peut-être plus de la moitié de son volume.

Ces condensations et dilatations alternatives de l'air, produiront dans l'atmosphère des courans considérables, c'est-à-dire des vents plus ou moins impétueux, dont nous allons tâcher de faire l'histoire.

Lorsqu'on échauffe un corps, qu'on allume, par exemple du feu, ou au milieu d'un champ, ou dans une cheminée, la partie de l'air qui le touche est échauffée et dilatée. Elle s'élève dans la partie supérieure de l'atmosphère ; mais elle est remplacée par des courans inférieurs d'un autre air qui vient remplir les vides que laisse celui-ci ; il s'établit donc deux courans

d'air auprès des matières enflammées, l'un supérieur qui élève la portion d'air qui touche les substances en combustion, et l'autre inférieur d'un air qui vient prendre la place de celui-ci.

L'action du soleil produit le même effet sur la masse de l'atmosphère; car, lorsqu'il passe, par exemple, du côté du pôle boréal en avril, mai et juin, toute la partie de l'atmosphère de cet hémisphère est dilatée à la surface de la terre, proportionnellement depuis l'équateur jusqu'au pôle. Cette dilatation augmente encore en juillet et une partie d'août, par l'*accélération de chaleur;* cet air s'élève donc et gagne la partie supérieure de l'atmosphère, principalement depuis la ligne jusqu'au tropique, et un peu au-delà; mais le vide causé par cette dilatation, est remplacé par un courant d'air qui vient des régions polaires, lesquelles n'ont pas eu le tems d'être échauffées; on a donc, dans la plus grande partie de la saison, des vents du nord.

Ce vent du nord fait lui-même un vide, qui est remplacé par de l'air qui se précipite des régions supérieures; cet air est en partie celui que nous venons de voir s'élever entre les tropiques, lequel s'est considérablement refroidi à cette grande hauteur.

Mais ce vent du nord, à mesure qu'il approche de l'équateur, se change en vent de nord-d'est, parce qu'il n'a pas la même vîtesse de rotation que le globe. D'ailleurs, arrivé à une certaine latitude, par exemple de 30 degrés, il rencontre le vent général, ou alizé d'est, avec lequel il se confond : dès-lors ils n'en font plus qu'un, qui est le nord-est.

Ce vent nord-est gagne en partie les régions élevées de l'atmosphère; et, arrivé à une certaine hauteur, il reflue de nouveau au pôle boréal.

Le soleil arrivé au solstice d'été, échauffe tout cet hémisphère, et principalement les régions polaires. C'est pourquoi il

n'y a point de courant, ou vent général du nord, en juillet et en août.

Mais cet astre rétrogradant, les régions boréales se refroidissant, l'air s'y condence; l'air supérieur s'y précipite.

L'air de la zone torride, et de la partie de la zone tempérée qui la touche, se dilate de nouveau, gagne la partie supérieure de l'atmosphère : l'air des régions polaires y afflue comme en avril, mai et juin, et il y a un nouveau vent du nord.

Ce vent du nord augmente de plus en plus, à mesure que le soleil s'avance vers l'autre tropique, celui du capricorne.

Il s'établit, par les mêmes causes, dans cet hémisphère austral, des vents du *sud*, qui partent du pôle austral, et se portent vers le tropique du capricorne, proche la surface de la terre.

Il y a un mouvement correspondant qui porte l'air des régions supérieures équinoxales vers le pôle austral, pour y remplir le vide qu'y produit le vent du sud.

Ce vent du sud, en arrivant aux environs du tropique du capricorne, y rencontre le grand vent alizé d'*est* : il se confond avec lui, et se change en *sud-est*.

Ces faits prouvent que l'atmosphère terrestre est, dans chaque hémisphère, sujette à plusieurs mouvemens généraux.

1°. Le premier porte à l'ouest toute la partie qui est située dans les régions équinoxiales, sous 25 à 30 degrés de latitude de chaque côté de l'équateur.

2°. Cet air, dilaté par la chaleur, s'élève dans la partie supérieure de l'atmosphère.

3°. Ce même air gagne ensuite chaque pôle, pour remplacer un vide causé par un quatrième courant.

4°. Ce quatrième courant est produit par des vents de nord et de sud, qui viennent de chaque pôle remplacer le vide que cause dans les régions équinoxiales le vent alizé d'est.

5°. Les vents du sud sont plus violens que les vents du nord;

ensorte qu'ils se font sentir jusqu'à dix et douze degrés de latitude boréale.

Ces vents, qui partent des pôles vers l'équateur, doivent devenir chaque jour plus violens; car ils dépendent de la différence de température entre les régions polaires et la zone torride : or cette différence augmente continuellement, par le refroidissement progressif des zones polaires, tandis que la température de la zone torride devient de plus en plus élevée. Comme nous l'avons prouvé.

Tels seraient les courans excités dans l'atmosphère, si la surface de l'atmosphère était plane, c'est-à-dire sans montagnes, composée de matières homogènes, ou couverte entièrement d'eau, ou composée d'une même espèce de terres ou de pierres.

DES VENTS VARIABLES.

Mais la surface de la terre est bien éloignée d'être une plaine homogène.

Là sont des montagnes élevées, toujours froides, et souvent couvertes de neige. L'air ne peut donc y éprouver la même dilatation que dans la plaine, qui a un degré de chaleur plus ou moins considérable.

Ici sont des pays découverts, des sables brûlans....

A côté sont des forêts, des prairies, des savannes....

Ailleurs sont de grandes pièces d'eau, des marais, des rivières, des lacs, des mers, qui, comme nous l'avons vu, n'acquièrent jamais la même température que les continens.

Ces pièces d'eau sont différemment terminées relativement aux continens : elles avancent ici dans les terres, et font des golfes profonds; ailleurs ce sont les terres qui font des avancemens dans les mers, et forment des caps, des promontoires....

Il y a donc des dilations et des condensations de l'air atmos-

phérique différentes dans les plaines et dans les montagnes, et sur les eaux et dans les pays couverts de bois, et dans ceux qui sont cultivés et dans les sables brûlants..... C'est ce qui produit et les *vents de terre* et les *vents de mer*, les *vents des plaines* et les *vents des montagnes*, ou *brises de mer* et *brises de terre*, *brises des plaines* et *brises des montagnes*....

Toutes ces causes agissent différemment, et dans l'été et dans l'hiver, le jour et la nuit : elles modifient sans cesse les vents généraux.

Enfin, la plus grande partie de ces vents n'est pas à une grande hauteur au-dessus de la surface de la terre, comme on le voit par les courans des nuages; quelquefois ils ont des directions opposées, à des hauteurs peu différentes : d'où il s'ensuit qu'une grande masse de montagnes qui se trouve opposée à la direction du vent, en détourne le cours, comme cela a lieu pour le cours des fleuves.

Plusieures autres causes, qui sont toujours dépendantes du même principe, la dilatation et la condensation de l'air, modifient encore les vents généraux. En voici quelques-unes :

a. Les *pluies :* elles rafraîchissent toujours l'air, et le condensent.

b. Les *nuages :* ils interceptent ordinairement les rayons du soleil, et par conséquent ils produisent du froid; d'autres fois ils les condensent et augmentent la chaleur.

Ces deux causes produisent des effets très-sensibles, sur-tout dans les pays chauds, où il y a des pluies de plusieurs mois.

c. Les vents appelés *brises de mer*, et *brises de terre*, sont des vents locaux, causés encore par l'action du soleil; pendant le jour, les continens sont beaucoup plus échauffés que les eaux; l'air se dilate donc sur les continens, et produit un vent qui s'étend sur les eaux : c'est la *brise de terre.*

La nuit survenant, cet air dilaté se condense plus que celui

qui est sur la mer; il s'établit donc un courant d'air qui, de la mer, s'étend sur le continent : c'est la *brise mer.*

Les mêmes causes produisent des *brises des plaines*, et des *brises des montagnes.*

d. La végétation absorbe une assez grande quantité d'air au printems et en été.

Au contraire, en automne et en hiver, la décomposition de toutes les plantes annuelles, et celles des feuilles des plantes vivaces, laissent dégager beaucoup de cet air absorbé.

e. Les vapeurs souterraines, les gaz, les moffetes, les éruptions volcaniques, la combustion des corps, la respiration et la transpiration des animaux et des végétaux, la formation et la décomposition de tous les corps de la nature, laissent dégager de l'air, ou en absorbent; toutes ces causes troubleront donc l'équilibre de l'atmosphère.

f. Il se dégage quelquefois des courans d'air considérables de certains terroirs, tel que celui qui se dégage de toutes les eaux minérales, les gaz et les moffetes des mines. Il y a des volcans d'air, tel que celui de Maccaluba.

g. Les grands mouvememens des eaux des fleuves, ceux des torrens, ceux des avalanches, donnent également une impulsion plus ou moins rapide à des masses d'air, et produisent des vents.

h. Enfin, l'électricité aérienne, les orages, les tonnerres, troublent sans cesse l'équilibre de l'atmosphère.

DES VENTS DES CÔTES.

Il règne ordinairement sur les côtes de la mer, des vents dont la direction est le plus souvent opposée à celle des vents généraux; ils dépendent des circonstances locales.

L'histoire de ces vents a été particulièrement étudiée par les

navigateurs, parce qu'ils doivent parfaitement les connaître pour aborder sur les différentes côtes. Nous ne saurions entrer ici dans tous ces détails, qui sont suffisamment connus.

SECTION SECONDE.

DE LA SURFACE DU GLOBE TERRESTRE.

Le géologue doit d'abord considérer la surface de la terre, puisqu'elle en est la seule portion qu'il peut bien connaître : elle lui indiquera, par *analogie*, la composition de son intérieur.

Cette surface est composée de continens et de mers; mais les eaux ont beaucoup plus d'étendue que les terres, particulièrement dans l'hémisphère austral. L'inspection de la surface du globe fait voir qu'elles en occupent plus de la moitié.

La portion continentale que peuvent habiter les animaux terrestres et l'homme, n'est guère que le tiers de cette surface totale : car ils ne sauraient subsister, ni dans les sables brûlans de l'Afrique et de l'Asie, ni dans les régions et les hautes montagnes couvertes de neiges et de glaces, qui ne fondent pas depuis plusieurs siècles.

Cette partie découverte de la terre à été divisée en continens et en îles.

Les îles sont de petites portions de continents enveloppées de tous côtés par les eaux des mers.

Les continens sont, au contraire, beaucoup plus étendus; mais, à la rigueur, on pourrait les regarder également comme de grandes îles, puisque l'océan les enveloppe de toutes parts.

L'Afrique peut être envisagée comme une presqu'île considérable, et qui tient à l'Asie par l'isthme de Suez : elle a même

été vraisemblablement une île véritable, lorsque la mer Rouge communiquait directement avec la Méditerranée.

L'Asie paraît être le plus étendu des continens; néanmoins on pourrait également la regarder comme une île, puisqu'elle ne tient à l'Afrique, ainsi que nous venons de le dire, que par l'isthme de Suez, et à l'Europe, que par la portion de terrain qui s'étend de la mer Noire à la mer Baltique, ou à la mer Blanche, portion qui a été vraisemblablement couverte autrefois par les mers.

L'Europe peut, par conséquent, être envisagée comme une petite portion de l'Asie; mais si la mer Caspienne a communiqué autrefois avec la mer du Nord, ou avec la Baltique, comme le rapportent les anciens historiens, toute l'Europe, et cette portion de l'Asie, qui eût été comprise dans le bras de mer, n'auraient formée qu'une île étendue.

L'Amérique est une île véritable qui est entièrement séparée de l'Asie, par le détroit du nord.

Enfin toutes les terres australes, telles que la Nouvelle-Hollande, la Nouvelle-Zélande, forment des îles plus ou moins considérables.

Les continens sont traversés par différentes éminences, qui s'élèvent à des hauteurs plus ou moins grandes, et les coupent en différens sens.

Ces chaînes se propagent dans le sein des mers, où on en aperçoit différens rameaux.

Les îles peuvent être regardées comme les sommets de ces montagnes sous marines; car, en approchant de ces îles, on retrouve les chaînes auxquelles elles tiennent.

Quelques géologues avaient pensés que les montagnes se propageaient dans une seule direction, et que leurs chaînes s'étendaient de l'orient à l'occident; mais cela n'est point exact; et

pour le prouver, je vais donner un aperçu général des principales chaînes qui traversent le globe.

Elles partent ordinairement du centre des continens, et affectent les figures qu'ont ces continens eux mêmes, lesquels n'en doivent être regardés que comme des prolongemens.

Dans l'Amérique septentrionale, les montagnes dites de l'ouest, sont le centre de celles de ces contrées : c'est de leurs flancs que sortent les fleuves St.-Laurent, le Missouri, le Missipipi, les plus grands fleuves de cette partie du monde, et quelques autres moins considérables qui se jettent dans la mer Pacifique à l'ouest, et dans la baie d'Hudson, au nord.

Le mont Saint-Élie, par les 60 degrés de latitude, est la plus haute montagne connue de ces contrées. Sa hauteur, suivant Malaspina, est de 2700 toises.

Les monts Apalaches sont un des rameaux de cette chaîne qui prend son origine entre la vallée du Saint-Laurent et celle du Missisipi. Ils s'étendent du nord au midi, et fournissent toutes les grandes rivières qui arrosent les États-Unis, dont les unes, telles que la Delaware, la Chesapeak....., se versent dans l'Athlantique; et les autres, telles que l'Ohio...., se versent dans le Missisipi.

La grande chaîne s'étend à l'ouest du nouveau Mexique, et du Mexique, traverse la nouvelle Espagne, et va par l'isthme de Panama communiquer aux grandes chaînes du Pérou.

Cette chaîne fournit plusieurs grands fleuves, tels que la rivière du Nord.

Elle fournit à l'occident quelques petites rivières qui se jettent dans la mer vermeille et dans la mer du Sud.

Lès montagnes de Cusco, de Quito, et des environs, sont le centre de celles de l'Amérique méridionale. Elles fournissent les eaux du fleuve des Amazones, lesquelles sortent du lac Lauri-

cocha, l'Orenoque, Rio-Negro, et autres fleuves considé-dérables.

Cette chaîne des montagnes de l'Amérique méridionale s'étend jusqu'au cap Horn. Dans ces contrées, par les 50 degrés de longitude environ, et les 280° de latitude, se trouve une montagne assez élevée.

Il part de ces grandes chaînes des branches collatérales très-considérables : telles sont, au nord, les chaînes qui forment les bassins où coulent le fleuve Saint-Laurent, le Missisipi, les monts Apalaches....

Dans l'Amérique méridionale il y a également différentes chaînes collatérales considérables : telles sont celles qui forment les bassins où coulent l'Amazone, l'Orenoque, la Plata...

En Afrique il y a une grande chaîne de montagnes, qui s'étend depuis l'Abbyssinie jusqu'au cap de Bonne-Espérance.

a. Elle fournit plusieurs chaînes collatérales plus ou moins considérables.

b. Une chaîne qui, de l'Abbyssinie, coule à l'ouest, le long du grand désert de sable.

c. Les monts Atlas, d'où sortent différentes rivières.

d. Les chaînes collatérales qui forment les bassins où coulent le Sénégal, le Niger, la Gambra.

L'Asie présente plusieurs grandes chaînes de montagnes.

a. Leur centre paraît être les monts Altaï, ou Shogdo....

b. Une branche s'étend à l'est, et forme, du côté du nord, le bassin du fleuve Amour, et ses rameaux.

c. Une autre branche s'étend à l'ouest, et se prolonge jusqu'en Europe. Elle donne :

d. Les montagnes du Thibet, dont quelques-unes ont jusqu'à quatre mille toises de hauteur, suivant Crawford.

e. Les monts immaüs, qui sont un grand centre de montagnes.

f. Les monts Taurus, qui s'étendent, par l'Asie mineure, jusqu'au mont Liban.....

L'Europe est également traversée par différentes chaînes de montagnes.

On peut regarder les Alpes comme leur centre, d'où partent différentes chaînes.

a. Une chaîne traverse le Dauphiné, va se joindre aux Cévennes, traverse le Limousin et va se joindre aux Pyrénées par le pays de Foix.

b. Des Pyrénées partent différentes chaînes, qui traversent l'Espagne, et s'étendent jusqu'en Portugal.

c. Une autre chaîne des Alpes s'étend jusqu'à Toulon, et va communiquer à la Corse.

d. Une autre chaîne va communiquer avec les Appenins, et traverse toute l'Italie.

e. Une autre chaîne va communiquer avec les montagnes du Tyrol, et s'étend jusqu'en Morée, par la Thessalie.

f. Une autre chaîne côtoye les bords du Danube, va communiquer avec les Crapacks, et s'étend jusqu'à Constantinople.

Elle va ensuite communiquer en Asie avec des rameaux du Taurus.

g. Une autre chaîne s'étend au nord-est, et va joindre les monts Valdaï, en Russie.

h. Une autre chaîne s'étend au nord, et va communiquer avec les Vosges; s'étend jusqu'à l'Océan, en séparant le bassin des eaux du Rhin de celui des eaux du Veser.

Nous ne saurions entrer dans les détails nécessaires; mais pour avoir une idée précise de ces chaînes de montagnes, considérons celles de la France en particulier.

J'ai fait voir qu'il fallait regarder les montagnes de la France comme faisant cinq grands groupes.

a. Les *Pyrénées*, qui la séparent de l'Espagne.

b. Les *Cévennes*, qui font un grand centre, d'où partent plusieurs chaînes secondaires.

c. Les *montagnes de la Bretagne*, qui s'étendent depuis les Sables d'Olonne, passent à Nantes, et se prolongent jusqu'à Cherbourg, à Alençon, en donnant différentes chaînes.

d. Les *Alpes*, qui, du côté de l'Occident, donnent différentes chaînes, lesquelles traversent la France, au sud, du côté de Toulon, à l'ouest, vont communiquer aux Cévennes, au nord, vont communiquer avec les Vosges.

e. Les *Vosges*, qui s'étendent le long des bords du Rhin jusque du côté de Trèves......

Il faut observer que dans toutes les grandes chaînes de montagnes, les pentes sont ordinairement roides d'un côté, et plus ou moins douces de l'autre. Les Andes présentent des pentes très-roides du côté de la mer Pacifique, et on n'y voit presque aucune rivière. Tandis qu'à l'orient, sur la mer Athlantique, les pentes sont très-prolongées, et elles fournissent les plus grands fleuves du globe, l'Amazone, l'Orenoque, la Plata, le Missisipi, le Saint-Laurent.....

Les mêmes phénomènes s'observent dans toutes les autres grandes chaines.....

On a dit que les grandes chaînes des montagnes du globe avaient à peu près la même direction, savoir, de l'orient à l'occident. Mais cette observation n'est pas exacte.

Les grandes chaînes de l'Asie paraissent avoir en général une direction approchante. Elles s'étendent, à l'orient, depuis la mer Noire jusqu'en Chine : le Taurus commence sur les bords de la mer Noire, il va communiquer au mont Immaüs; celui-ci communique à l'Altaï, qui s'étend le long du bassin de l'Amour jusqu'à la mer du Japon.

Néanmoins, une autre chaîne presqu'aussi considérable s'étend depuis le cap Comorin jusqu'à la mer du Nord.

Mais la direction de la grande chaîne, en Amérique, s'étend du sud au nord, depuis le cap Horn jusqu'aux montagnes, d'où sortent le Saint-Laurent, le Missouri, la Colombia.....

En Afrique, la grande chaîne s'étend depuis les monts de l'Abbyssinie jusqu'au cap de Bonne-Espérance, du nord au sud.

Mais d'autres chaînes s'étendent depuis les monts de l'Abbyssinie jusqu'au mont Atlas, de l'orient à l'occident.

En Europe, la direction générale des grandes chaînes varie beaucoup. Mais la direction la plus étendue paraît être du Portugal en Russie, c'est-à-dire, du sud-ouest au nord-est.....

On distingue les terrains dont est composée la surface du globe, en différentes classes, à raison des diverses substances minérales qui les composent et les divisent en plusieurs grandes classes.

1°. Les terrains primitifs formés avant les êtres organisés.

2°. Les terrains secondaires formés après les êtres organisés, et qui contiennent une quantité plus ou moins considérable de débris des êtres organisés, et des terrains salés.

3°. Les terrains formés dans les lacs d'eau douce.

4°. Les terrains d'alluvion, qui sont formés par les dépôts des substances amoncelées soit par les eaux des mers, soit par celles des fleuves.

5°. Les terrains volcaniques, enfin, qui sont formés par les matières volcaniques.

6°. Les terrains pseudo-volcaniques.

Werner admet une autre espèce de terrains, qu'il appelle de *transitions* intermédiaires entre les terrains primitifs et les terrains secondaires.....

Les montagnes primitives sont en général les plus élevées. Leurs sommets sont composés de granits, de porphyres.....

Succèdent les gneis, les schistes micacés, les schistes primitifs (thon-schiffer).....

On trouve ensuite les serpentines et les différentes roches magnésiennes.....

Les calcaires primitifs, les gypses primitifs.

Les terrains secondaires ont été formés après les primitifs, et reposent par conséquent sur ceux-ci. Leurs couches ont donc été obligées d'en affecter la figure.

Les terrains d'alluvion ont également été formés après les secondaires. Ce sont des brêches, des pouddings, des sables.....

Les terrains formés dans les lacs d'eau douce ne l'ont pu être qu'après la retraite des eaux des mers.

Enfin des terrains volcaniques ont pu être formés dans le sein des mers, et il s'y en forme journellement, et dans toutes sortes de terrains.

D'autres ont été formés sur les continens, et il s'y en forme chaque jour dans toutes sortes de terrains.

Les terrains pseudo-volcaniques sont en petite quantité.

Nous allons parler de chacun de ces terrains.

Les terrains secondaires sont ordinairement moins élevés que les primitifs. Les plus hautes montagnes sont situées, en général, dans les terrains primitifs.

Cependant on voit des exceptions fréquentes. Dans la chaîne des Pyrénées, par exemple, plusieurs pics de terrain secondaires sont aussi élevés, et même plus, que les plus hautes montagnes des terrains primitifs de cette chaîne. Tel est le pic du midi....

Mais, indépendamment de ces hauts sommets, les terrains secondaires sont très fréquemment plus élevés que les primitifs. Un grand nombre de ces derniers sont au niveau des mers. Plusieurs même plongent sous l'Océan. C'est ce qu'on observe sur la plupart des côtes.

Le fort de la Malgue, à Toulon, est sur les bords de la mer. Le terrain primitif sur lequel il est construit plonge dans les eaux,

et va peut-être communiquer avec les terrains primitifs de la Corse, de la Sardaigne...

Les côtes de Bretagne sont de terrains primitifs, depuis les Sables d'Olonne, jusques à Cherbourg. Elles plongent sous l'Océan, et vont peut-être communiquer avec celles de Cornouailles....

Une partie des côtes des États-Unis est de terrains primitifs, et va plonger sous la mer.

Nous n'entrerons pas ici dans de plus longs détails.

La surface de la terre offre d'autres phénomènes intéressans. Dans l'hémisphère austral, par exemple, les mers y ont plus d'étendue; les continens sont à un niveau plus bas, et ses extrémités paraissent avoir été déchirées.

On en a conclu que les parties intérieures de ce continent ont plus de densité que celles de l'hémispère boréal, afin que l'équilibre, entre les deux hémisphères, puisse subsister.

Nous exposerons ailleurs ces divers phénomènes avec de plus grands détails.

DES TERRAINS PRIMITIFS.

On appelle terrains primitifs, ceux qui sont formés de substances minérales, ne contenant aucuns débris d'êtres organisés. Tels sont :

Les granits et granitoïdes ;
Les porphyres et porphyroïdes ;
Les gneis ;
Les schistes micacés ;
Les pétro-silex ;
Les lydiennes ;
Les cornéenes ;
Les schistes primitifs ;

Les serpentines;
Les smectites;
Les lherzolites;
Les calcaires primitifs;
Les dolomies;
Les gypses primitifs;
Les soufres primitifs;
Les antracites;
Les terrains métalliques primitifs;
Les breches primitives;
Les pouddings primitifs;
Les sables primitifs....

Ces terrains présentent un phénomène constant. Chacune des substances qui les composent, est placée séparément, et ne se confond nullement avec celles d'une espèce différente. Le granit tient au granit, le porphyre au porphyre, le schiste au schiste, le calcaire au calcaire.... S'il se trouve quelque mélange de ces diverses substances, ce n'est que par accident et très-rarement, dans les lieux où ils se touchent; il faut en excepter les breches primitives, les terrains volcaniques, qui sont confondus avec tous les autres.

Toutes ces matieres, en se déposant, ont donc suivi les *lois des affinités.* C'est un des plus grands phénomènes de la géologie, qu'il ne faut jamais perdre de vue. Elles ont formé différens strates.

La structure de ces terrains primitifs, mérite toute l'attention du géologue, parce qu'ils paraissent faire la base de la masse du globe.

DES GRANITS ET GRANITOÏDES (1).

Les élémens des granits sont les quartz, les feldspaths, les micas, et l'hornblende On y rencontre encore quelquefois d'autres substances, telles que des stéatites, des grenats, et d'autres pierres particulières. Chacune de ces substances est crystallisée séparément, d'une manière régulière, ou d'une manière confuse.

Les granitoïdes ne se rencontrent également que dans les terrains primitifs. Ils sont, en général, composés de substances crystallisées régulièrement ou confusément, mais différentes du feldspath.

Les granits et les granitoïdes forment de grandes masses. qui constituent la majeure partie de la surface du globe. On n'y distingue point de couches, comme l'ont prétendu de savans naturalistes. J'ai parcouru une grande quantité de terrains primitifs, et je n'y ai jamais aperçu de couches. Quelquefois, on voit des masses assez considérables de granit, ayant une figure presque rhomboïdale, superposées les unes sur les autres. Mais on ne saurait regarder ces superpositions comme des couches, puisqu'elles n'ont aucune régularité. D'autres fois, ces granits sont fendillés en différens sens ; ces scissures se correspondent quelquefois, ce qu'on pourrait prendre, au premier coup-d'œil, pour des espèces de couches ; mais un examen plus approfondi, en fait bientôt voir la différence. C'est ce qu'on peut observer particulièrement au rocher granitique de. Pierre-scise, à Lyon.

---

(1) Voir *Leçons de Minéralogie*, tom. 2, pag. 438.

LES PORPHYRES ET PORPHYROÏDES.

Les porphyres sont composés de feldspath, noyé dans une pâte quelconque. Cette pâte est, le plus souvent, *petrosiliceuse*. Mais quelquefois, elle est *ophitine*, *leucostine*, *cornéenne*, comme nous l'avons vu dans les leçons de minéralogie. (Tom. 2, page 463).

Les porphyroïdes sont composés d'une manière analogue à celle des porphyres. Ce sont également des cristaux noyés dans une pâte ; mais ces cristaux ne sont pas des feldspaths.

J'ai décrit un grand nombre de ces porphiroïdes (*ibid.*), qui varient à raison de leurs pâtes et des cristaux qui y sont noyés.

Il y a encore des porphyroïdes volcaniques, dont nous parlerons ailleurs.

DES GNEIS.

Les gneis contiennent à peu près les mêmes élémens que les granits, savoir, quarts, feldspath, mica, hornblende; mais le mica y domine, et y forme, à son ordinaire, des espèces de feuillets, ce qui donne à toute la masse un tissu feuilleté. C'est pourquoi le gneis a été appelé, *granit veiné*, *granit feuilleté*, par plusieurs naturalistes, d'où ils ont conclu que le granit pouvait être déposé en couches. Mais il faut bien distinguer le vrai granit du gneis.

Les gneis contiennent souvent une grande quantité de différentes substances, telles que grenats, staurolites, tourmalines.

Les filons métalliques se trouvent aussi fréquemment dans les gneis.

Les gneis sont le plus souvent superposées sur les granits, les porphyres, où ils forment différentes couches, différens strates ; car les gneis se trouvent en assez grande quantité dans les terrains

primitifs. Le mont Rose, qui a plus de 2400 toises d'élévation, est formé de différentes couches de gneis, dit *saussure.*

DES SCHISTES MICACÉS

(*Glimmer Schiffer.*)

Les schistes micacés rapprochent beaucoup des gneis ; mais ils contiennent une plus grande quantité de mica, et sont plus feuilletés.

DES SCHISTES PRIMITIFS.

Les schistes primitifs (*thon-schiffer*) sont très-abondans dans quelques terrains primitifs. On en observe une très-grande quantité aux Pyrénées, aux Andes, et dans la plus grande partie des chaînes primitives (Leçons de minéralogie, tome 2, pag. 164).

Ces schistes sont déposés en couches parallèles.

Ces couches sont le plus souvent inclinées, et très-souvent contournées.

DES CORNÉENES.

Les cornéenes sont, ainsi que nous l'avons dit (Leçons de minéralogie, tome 2, page 167), une variété des schistes primitifs.

DES LYDIENNES.

Les lydiennes, ou *trapps*, de plusieurs minéralogistes (Leçons de minéralogie, tome 2, page 167), sont des variétés de cornéenes de Wallerius.

Ces pierres ont beaucoup de rapports avec quelques substances volcaniques.

DES PETROSILEX.

Le petrosilex est une variété de *horn-stein* des allemands. Il a

du rapport avec le feldspath. (Leçons de Minéralogie, tome 2, page 92.)

Il se trouve quelquefois en masses isolées.

Mais il se présente le plus souvent en grandes masses, servant de pâte à des porphyres.

Le pétrosilex doit être regardé comme une substance particulières différente du feldspath, avec lequel, néanmoins, elle a beaucoup d'analogie. Mais le feldspath est toujours cristallisé en lames très-distinctes.

Le petrosilex, au contraire, n'a jamais de lames : sa contexture est compacte, et souvent analogue à celle de la cire.

Enfin, son gisement est tout différent. Le feldspath forme toujours des petits cristaux distincts, dans les granits, les porphyres.

Le petrosilex forme ordinairement des masses, qui servent de pâtes à des porphyres. Les cristaux de feldspath sont cristallisés, d'une maniére régulière, dans cette pâte qui, elle-même, est cristallisée d'une manière confuse.

DES SERPENTINES.

Les serpentines sont assez abondantes dans certains terrains primitifs, tels que la Ligurie ; delà elles s'étendent en Toscane jusques du côté de Rome : on lui donne le nom de *Gabbro*, dans ces contrées.

On retrouve de la serpentine dans la plupart des montagnes primitives : elles sont superposées sur les granits, les porphyres.

Les serpentines forment des masses assez considérables, qui ne sont point par couches (leçons de minéalogie, tome 2, page 199).

DES TALCS, ET DES STÉATITES.

Les talcs sont assez abondans dans certains terrains primitifs ; on en trouve en grande quantité au mont St.-Gothard, dans le Tyrol, au Zillerthal. J'ai donné le nom de Zillerthite à une belle variété de ces cantons.

Les stratites sont en assez grande quantité dans quelques cantons des terrains primitifs : elles ne forment néanmoins pas des grandes masses, comme les granits, les porphyres.

DES CALCILITES PRIMITIFS.

On trouve dans les terrains primitifs la chaux combinée avec diverses substances, principalement avec différens acides, et elles forment alors des masses plus ou moins considérables.

Les pierres calcaires. La chaux combinée avec l'acide carbonique forme des pierres calcaires, qui sont assez abondantes dans les terrains primitifs : elle y forme de très-beaux marbres, tels que les marbres de carare.

Ces marbres sont souvent mélangés avec des variétés de serpentines, de steatites, tels que les polzevera, les cypolins, les campans.

Ces calcaires ne contiennent aucuns débris des êtres organisés ; c'est ce qui les distingue des calcaires des terrains secondaires.

DES DOLOMIES.

La dolomie est un calcaire qui contient une grande quantité de magnésie carbonatée : elle forme d'assez grandes masses.

DES GYPSES PRIMITIFS.

Il se trouve des gypses dans les terrains primitifs ; *Saussure* en a vu au val Canarina ; il en a donné la description.

Daubuisson a également observé des gypses primitifs dans les Alpes.

Ces gypses primitifs ne contiennent aucuns débris d'êtres organisés.

Mais ils sont souvent mélangés avec d'autres substances des terrains primitifs.

Quelques minéralogistes prétendent aujourd'hui que ces gypses sont dans des terrains de transition ; cependant on n'y trouve aucuns débris d'êtres organisés, ce qui doit les faire classer avec les terrains primitifs.

DU SOUFRE PRIMITIF.

Deborn a trouvé du soufre dans des terrains primitifs, près de Schemnitz, en Hongrie ; on en a également trouvé à Moutiers, près le Mont-Blanc (Leçons de Minéralogie, tom. 1, pag. 13). Quelques minéralogistes regardent, à la vérité, ces terrains appartenant à ceux de transition ; mais ils ne contiennent aucuns débris d'être organisés.

Mais le soufre se trouve fréquemment en état de combinaison dans les terrains primitifs, et y forme différens sulfures, principalement avec les substances métalliques, tels que les sulfures d'argent, de cuivre, de plomb, de fer, d'antimoine, de tellure....

Ce soufre se décompose par une opération qui n'est pas connue, qui paraît un effet de l'action galvanique ; il passe ensuite à l'état d'acide, et forme différens sulfates, tels que les sulfates de cuivre, ceux de plomb, de fer.

DE L'ANTRACITE PRIMITIF.

L'antracite se trouve dans les terrains primitif ; il y en a dans

la Tarentaise, et dans plusieurs autres endroits (Leçons de Minéralogie, tome 1, page 18).

L'antracite des terrains primitifs ne contient aucuns débris d'êtres organisés.

Cet antracite peut être regardé comme du carbone pur.

Il passe à l'état d'acide sous forme d'acide carbonique, très-abondant dans les terrains primitifs.

DES SUBSTANCES MÉTALLIQUES DES TERRAINS PRIMITIFS.

Il y a de grandes quantités de substances métalliques dans les terrains primitifs : elles s'y trouvent dans toutes ces espèces de terrains, dans des porphyres, des granits; mais elles sont plus abondantes dans les gneis, les schistes micacés, les schistes primitifs, ou *thon-chiffer*.

Il y a des mines métalliques dans des granits. J'ai observé des mines de galène dans des granits de la montagne d'Ajou, proche la Claite.

Il se trouve aussi des mines métalliques dans des terrains volcaniques. Le Vésuve contient des mines de rubine, ou d'arsenic sulfuré rouge.

Les substances métalliques se trouvent dans la plupart des terrains primitifs; il en est peu qui n'en contienne quelques portions, principalement du fer.

Mais elles ne sont abondantes que dans quelques contrées : en Europe, la Hongrie, le Hartz, Freyberg, la Suède, renferment des mines assez riches.

Mais les mines métalliques les plus riches et les plus abondantes, sont celles du Mexique et du Pérou.

Elles s'étendent, dit Humboldt, au nord et au midi de l'équateur sous une très-petite largeur.

Il paraît que les mines d'or et d'argent sont plus abonnantes dans les régions équinoxiales.

Et celles de fer et de cuivre, dans les régions boréales.

Cependant les riches mines d'argent du Mexique, du Pérou, sont de l'argent gris, c'est-à-dire du cuivre sulfuré, contenant une plus ou moins grande quantité d'argent.

Les substances métalliques des terrains primitifs, se présentent sous plusieurs états différens.

a. Elles forment des filons plus ou moins étendus : celui de la Biscaina a plus de douze mille mètres de longueur en ligne droite.

b. Quelques filons ont peu de longueur, et se coupent en différens sens : ce sont les *strocks-verdes* des Allemands.

c. Quelques mines métalliques forment des couches régulières : *floez* des Allemands.

d. Enfin, d'autres masses métalliques sont amoncelées en amas, que les Allemands appellent *nids*.

DES POUDDINGS, ET DES BRÈCHES PRIMITIFS.

On trouve un grand nombre de brèches et de pouddings dans les terrains primitifs : ce sont des faits qui ont été constatés par tous les voyageurs instruits.

Les anciens Égyptiens avaient des brèches et des pouddings primitifs d'une grande beauté : ils les travaillaient pour en orner leurs édifices, et leurs appartemens.

Saussure a observé des pouddings et des brèches primitifs à la Valorsine (§. 687), et dans d'autres montagnes primitives des Alpes.

DES GRÉS PRIMITIFS.

Saussure a également trouvé des sables et grés primitifs à côté

des poudding de la Valorsine : « Les bancs de poudding, dit-» il, §. 693, forment, dans la montagne, une épaisseur d'en-» viron cent toises, que j'ai suivi l'espace de plus d'une lieue. » Au-dessus se trouvent des ardoises; au-dessus des ardoises » sont des *grés* à couches minces : ces *grés* sont souvent mêlés de » mica et de quartz ».

Le même observateur a vu des *grés* dans la montagne du Buet (§. 583) : « On compte, dit-il, §. 585, cinq à six couches de » grés, épaisses chacune de douze à quinze pouces... sous celui-ci, » on en trouve un autre plus grossier, auquel on pourrait même » donner le nom de poudding; il est composé de fragmens de » quartz gris ou rougeâtre, demi-transparent, de fragmens de » feldspath rougeâtre, et de petites pyrites jaunes ».

J'ai aussi trouvé de ces grès, dans la montagne d'Ajou (Leçons de Minéralogie, tome 2).

On voit que les substances appelées par Saussure, *grés primitifs*, sont bien différentes des sables quartzeux des terrains secondaires : ce sont plutôt des brèches, ou poudding réduits en très-petites parcelles.

DES CRISTAUX PARTICULIERS DANS LES SUBSTANCES DES TERRAINS PRIMITIFS.

Les diverses substances des terrains primitifs, contiennent des quantités plus ou moins considérables de divers cristanx particuliers, différens de la masse principale.

Les schistes primitifs, les schistes micacés... contiennent de grandes quantités de grenats, bien cristallisés. On en trouve, dans le Tyrol, qui ont plusieurs pouces de diamètre.

On trouve également des appatits primitifs, des tourmalines, des topazes, des hyacintes.... dans des terrains primitifs.

Les filons métalliques sont remplis de cristaux de diverses substances, telles :

Les quartz cristallisés;
Les spaths pésants, baryte sulfatée;
Les fluors;
Les calcaires;
Les strontianes;
Les Zéolites...

DES TERRES DES TERRAINS PRIMITIFS.

On trouve encore, dans les terrains primitifs, différentes terres :

1°. Des terres argileuses, ou terres à porcelaines, provenant de la décomposition des porphyres, des granits.

2°. Des terres à foulon, ou magnésiennes.

Les granits et granitoïdes, les porphyres et porphyroïdes, les gneis, les schistes micacés, les schistes primitifs (*thon-schiffer*), les petrosilex... paraissent former la plus grande partie des terrains primitifs.

Les calcaires, les gypses primitifs y sont plus rares.

Toutes ces substances diverses, dont nous venons de parler, sont mélangées, et forment des strates particuliers. Ils sont séparés quelquefois par des solutions de continuité.

D'autres fois, ils sont contigus, quoique de natures différentes. Des strates de granit sont quelquefois contigus avec des strates de hornblende, de serpentine, de schistes, de calcaire... et chacune de ces diverses substances présente des phénomènes analogues.

Mais on ignore si ces granits, ces porphyres, ces gneis.... qu'on observe, à la surface du globe, dans les terrains primitifs,

s'étendent jusqu'au centre de la terre. Tout ce que nous pouvons conclure des divers faits que nous connaissons, est :

1°. Que le globe n'est pas creux, et qu'il doit y avoir, dans l'intérieur du globe, et particulièrement le long de son axe, de grandes masses de fer magnétique ;

2°. Que la densité des substances, dont est composé cet intérieur, est à-peu-près double de celle des substances qui sont à sa surface.

En ne nous écartant pas des analogies, nous supposerons que les substances, dont est composé l'intérieur du globe, sont de la même nature que celle des surfaces dans les terrains primitifs. Mais les substances métalliques, surtout les ferrugineuses, les barytites, les strontianites... y sont en plus grande quantité.

Les diffèrens strates du globe, paraissent, en général, avoir à-peu-près la même densité, ainsi que nous l'avons vu, d'après la longueur constante du pendule aux mêmes latitudes, et y forment différens *strates*.

Lorsque toutes les parties premières des matières des divers corps terrestres se réunirent, elles formèrent des masses solides qui se précipitèrent au centre. Le noyau solide du globe en fut formé. Des cristallisations postérieures s'amoncelèrent autour de ce noyau, et la masse sphèroïdale du globe en fut augmentée successivement, sans qu'on puisse déterminer la nature de ces divers strates.

Ces substances cristallisées ont conservé une portion de leur eau de cristallisation. L'analyse la retire de plusieurs de ces substances, telles que les zéolites, les calamines.

Mais l'eau vint, comme le dit Lucrece, surnager sur ces masses solides qui se précipitèrent, et formèrent les mers, parce que, les eaux étant plus légères, furent toujours repoussées à la surface.

DES TERRAINS SECONDAIRES.

On a donné le nom de terrains secondaires à ceux qui contiennent des débris d'êtres organisés, quelle que soit d'ailleurs leur nature. On les a encore appelés quelquefois terrains coquilliers, à cause de la grande quantité de coquilles qu'on y observe, terrains madraporites....

Ces terrains peuvent être de différentes natures.

Les calcaires secondaires ;
Les gypses secondaires ;
Les phosphates calcaires ;
Les ardoises ou schistes secondaires ;
Les terrains sulfureux secondaires ;
Les terrains métalliques secondaires ;
Les terrains bitumineux secondaires ;
Les brèches secondaires ;
Les pouddings secondaires ;
Les sables secondaires ;
Les masses granitiques sur le secondaire ;
. . . .

DES CALCAIRES SECONDAIRES.

Les calcaires secondaires forment la majeure partie des terrains secondaires ; ils s'y présentent sous différentes formes. (Leçons de Minéralogie, tome 2, page 322.)

a. Spath calcaire cristallisé ;
b. Albâtre ;
c. Marbre ;
d. Pierres calcaires compactes ;
e. Tuf, ou pierres calcaires poreuses ;
f. Craie.
. . . .

Ces calcaires contiennent des quantités plus ou moins considérables de débris fossiles d'êtres organisés.

Tous ces calcaires forment en général des couches assez régulières.

DES GYPSES SECONDAIRES.

Les terrains secondaires renferment de grandes quantités de gypses. On les distingue de ceux des terrains primitifs, par les fossiles que ces derniers contiennent.

Les gypses des environs de Paris, sont remarquables par les quantités considérables de fossiles qui s'y trouvent. Il y a des ossemens de quadrupèdes, de tortues, d'oiseaux, de poissons, des coquilles.... dont nous parlerons ailleurs.

Ils forment différentes couches qui varient dans les différens endroits. A Montmartre, et dans les environs, il y a trois grandes *masses* de gypse divisées en plusieurs couches.

Au midi de la ville, il n'y a pas le même nombre de couches, et elles ont moins d'épaisseur.

Ces gypses, des environs de Paris (1), occupent une étendue de plusieurs lieues, le long du bassin de la Marne, depuis au-dessus de Château-Thierry, jusqu'au confluent de l'Oise.

Il y a des gypses secondaires dans plusieurs autres contrées. Ceux d'Aix, en Provence, contiennent également un grand nombre de fossiles.

DE L'APPATIT, OU DU PHOSPHATE CALCAIRE (ESTRAMADURITE), DANS LES TERRAINS SECONDAIRES.

Proust a observé, dans les montagnes de l'Estramadure, en

(1) Voir mon Mémoire sur ces gypses, *Journal de Phys.*, tom. 71, page 283.

Espagne, des couches considérables de phosphate calcaire (1), que j'ai appelé *estramadurites.* (2) Bowle paraît être le premier qui en ait fait mention. « Les couches de cette pierre, dît Proust, » toujours horizontalement placées sur le quartz, portent l'em- » preinte manifeste d'une cristallisation aqueuse, qui ne peut » appartenir à l'ancien travail de la nature ».

Cette pierre est toujours mélangée avec une portion considérable de silice.

On retrouvera sans doute ailleurs des couches semblables de ce calcaire phosphaté.

DES SCHISTES DANS LES TERRAINS SECONDAIRES.

Les schistes sont très-abondans dans les terrains secondaires. On les distingue des schistes primitifs, par les fossiles qu'ils contiennent (3).

Les ardoises d'Angers nous présentent des schistes secondaires d'un grand intérêt. Ils sont feuilletés, et on en forme de fort bonnes ardoises, qui ont peu d'épaisseur.

L'inclinaison de ces couches à l'horison, est de 50, 60 et même 70 degrés.

Ils contiennent une espèce particulière de crustacés, ce qui ne permet pas de douter qu'ils ne soient d'une formation secondaire.

On y trouve beaucoup de pyrites.

De pareils schistes se trouvent dans beaucoup d'endroits.

Ces schistes varient par leurs principes. Ils contiennent :

1°. De la silice ;

2°. De l'alumine ;

---

(1) *Journal de Physique*, tom. 32, pag. 241.

(2) *Leçons de Minéralogie*, tom. 2, pag. 394.

(3) *Leçon de Minéralogie*, tom. 2, pag 164.

3°. Du fer.

4°. Quelquefois de la potasse;

5°. Du carbone.

. . . .

Il en est qui contiennent de la magnésie ;

Quelques autres, de la chaux ;

Enfin, il en est qui sont presqu'entièrement siliceux.

DES COUCHES ARGILEUSES DANS LES TERRAINS SECONDAIRES.

Les terrains secondaires sont remplis de couches argileuses. Elles varient par la nature des principes qu'elles contiennent. Les oxides de fer y sont abondans, et leur donnent différentes couleurs.

Aux environs de Paris, il y a plusieurs couches d'argile secondaire, dont quelques unes contiennent des coquilles.

DES HOUILLES, OU SUBSTANCES BITUMINEUSES.

Les houilles, proprement dites, ou substances bitumineuses, ne se trouvent que dans les terrains secondaires. Elles diffèrent entièrement de l'antracite (1).

Les houilles forment des couches immenses. Dans les montagnes Saint-Gilles, près de Liége, il y a soixante-une couches de houilles séparées par d'autres couches de différens terrains, calcaires, argileux..... à la profondeur de plus de trois mille pieds.

On distingue plusieurs espèces de substances bitumineuses.

---

(1) *Leçons de Minéralogie*, tom. 2, pag. 575.

Les tourbes.
Les ampelites.
Les geanthrax.
Les jayets.
Les xilanthrax.
Les lithanthrax.
Les asphaltes.
Les maltha.
Les petroles.

Ces substances bitumineuses forment des couches immenses dans les terrains secondaires.

Nous en parlerons ailleurs très-en détail.

DES COUCHES SULFUREUSES DANS LES TERRAINS SECONDAIRES.

Le soufre se trouve assez abondamment dans quelques terrains secondaires.

Au val de Mazzara, en Sicile, il est assez abondant. Il y forme, dit Dolomien, des bancs de différentes épaisseurs, depuis deux pieds jusqu'à trente. Ils sont horizontaux, ou tendent à la situation horizontale. Ils alternent avec des bancs de gypse blanc en masse, d'un grain fin (alabastrité), et sont recouverts par ce même gypse. (*Journal de Physique, tome* 46, *page* 207.) Il s'y trouve avec la strontiane sulfatée.

A Césène, dans le duché d'Urbain, en Italie, le soufre se présente également en couches alternant avec des couches de gypse et d'argile. Ces couches ont plus ou moins d'épaisseur.

Une des plus considérables de ces soufrières est celle de Formigniano, à trois lieues de Césène. Il y a plusieurs couches de soufre, qui alternent avec des couches argileuses. Les der-

nières couches sulfureuses sont recouvertes par des couches de gypse. La plus élevée de ces soufrières est celle de Saussina, vers une des parties les plus hautes des Apennins.

En Toscane, dans les marennes de Sienne, il y a une soufrière célèbre appelée *Péretta.* On y trouve également une grande quantité d'eaux sulfureuses, particulièrement à Saturnial et aux bains de Saint-Philippe.

On voit encore du soufre et des eaux sulfureuses proche Rodicofani, qui a été un ancien volcan.

A Volterre, qui a été également un ancien volcan, il y a également du soufre et des eaux sulfureuses.

Dans les laves du mont d'Or on trouve du soufre.

Ce soufre se sublime partout auprès de la solfator, du Vésuve, du Pic de Ténérif et de tous les volcans.

Mais à Bex, en Suisse, où il n'y a eu aucun volcan, on trouve, dans les salines, du soufre cristallisé. Quelques galeries y sont tellement remplies de gaz hydrogène sulfuré, qu'on ne saurait y pénétrer que difficilement.

A Conilla, près Cadix, il y a des quantités considérables de soufre. Quelques morceaux offrent de très-beaux cristaux.

Le soufre est abondant en plusieurs autres endroits de l'Espagne, dans les terrains secondaires.

DES SUBTANCES MÉTALLIQUES DANS LES TERRAINS SECONDAIRES.

On trouve, dans les terrains secondaires, de grandes quantités de substances métalliques, qui y sont sous différens états, principalement à l'état d'oxides, et de sulfures.

Le fer forme des mines entièrement abondantes dans les terrains secondaires; il y est à l'état de fer oxidé, de fer limo-

neux, de fer phosphaté, de fer carbonaté... (Leçons de Minéralogie, tome 1) : elles sont l'objet d'exploitations immenses.

Les mines de plomb sulfuré, sont également très-abondantes dans les terrains secondaires.

A Bleyberg, en Carinthie, il y en a une mine considérable ; quatorze couches de galème alternent, avec autant de couches calcaires secondaires, dont quelques-unes contiennent de belles lumacchelles.

J'ai vu, dans plusieurs endroits du département de Saône-et-Loire, proche la claitte, de la galème, dans des terrains secondaires : elle y est cristallisée en beaux cubes.

A Pompeau, en Bretagne, il y a une mine de galeme, ou plomb sulfuré, décrite par Gillet-Laumont (Journal de physique 1786, mai, tome 33, page 366) : elle est dans une argile bleuâtre : on a trouvé, dans le filon, des coquilles marines, des cailloux roulés, et un châtaignier entier, à deux cent quarante pieds de profondeur, couché horizontalement dans la direction du filon.

Humboldt a vu des mines de mercure dans des terrains secondaires : « Les mines de mercure du Mexique, dit-il (Histoire » de la Nouvelle-Espagne, page 584), sont de formation très- » différente : les unes se trouvent en couches dans des terrains » secondaires ; les autres sur des filons qui traversent des por- » phyres trappéens. Au Durasno, entre Tierra-Neuva, et San » Luis de la pax, le cinabre mêlé de beaucoup de globules de » mercure natif, forme une couche horizontale (manteau), » qui repose sur des porphyres ; ce manteau, qu'on a percé par » des puits de cinq à six mètres de profondeur, est recouvert » d'argile schisteuse, *qui renferme des bois fossiles, et de la » houille.* En examinant le toit du manteau, on trouve, depuis le » jour, d'abord une couche de schiffer-ton (argile schisteuse), » imprégnée de nitrate de potasse, et contenant des débris de

» végétaux pétrifiés ; puis un strate de houille schisteux » (schieffer-kolhe), d'un mètre d'épaisseur; enfin, du schif- » fer-ton, qui recouvre immédiatement le minerai de mer- » cure ».

Les mines célèbres de mercure, à Idria, en Carinthie, sont également dans un calcaire secondaire.

Il y a aussi des mines de cuivre dans des terrains secondaires : celles d'Ilmenau, en Thuringe, sont dans un schiste argileux rempli de fossiles : elles sont assez riches pour être exploitées avec avantage.

Les riches mines de calamine (zinc oxidé ou carbonaté), du duché de Limbourg, du côté d'Aix-la-Chapelle, sont dans des terrains secondaires.

DES COUCHES DE STRONTIANE SULFATÉE, DANS LES TERRAINS SECONDAIRES.

Les premières couches d'argile des terrains des environs de Paris, contiennent beaucoup de strontiane sulfatée : elle s'y présente sous forme de masses arrondies de quelques pouces de diamètre, que les ouvriers appellent *miches* ou rognons. Ce sulfate est composé de strontiane et d'acide sulfurique : il est mélangé d'autres substances (1).

Le sulfate de strontiane, se trouve au val de Mazzara, en Sicile, au milieu de couches de gypse et de soufre : il y forme de très-beaux cristaux.

Le sulfate de strontiane a été remarqué d'abord à Strontian, en Écosse : il s'y trouve avec de la galème.

Le carbonate de strontiane se trouve en différens endroits.

(1) *Leçons de Minéralogie*, tom. 2, pag. 415

DES BARYTITES DANS LES TERRAINS SECONDAIRES.

Withering a trouvé la baryte carbonatée, ou witherite, à Anglesarck, dans le comté de Lancastre, en Angleterre, dans une montagne composée de schistes, de grés et de houille, ou charbon de terre; par conséquent, dans un terrain de nouvelle formation.

La pierre de Boulogne (sulfate de baryte), ou *litheosphore*, se trouve au mont Paterno, auprès de Boulogne, dans des couches d'argile et de marne.

Dans les filons de galème de Bleyberg, en Carinthie, terrain secondaire, on trouve des cristaux de barythe sulfatée (De Born, tome 1, page 271).

DES COUCHES DE SEL GEMME, DANS LES TERRAINS SECONDAIRES.

Le sel gemme, ou muriate de soude, est très-abondant dans les terrains secondaires; il s'y présente sous deux états différens: 1°. il y forme, le plus souvent, des amas considérables, connus sous le nom de salines, ou mines de sel: il y a peu de contrées en Europe, où on n'en rencontre. Celles de Pologne se distinguent particulièrement. Wild a donné une énumération de plusieurs de ces mines (Journal de Physique, tom. 53, page 427).

2°. On trouve également du sel, ou muriate de soude, mélangé dans des terres, des sables, à la surface de la terre.... On l'en retire, par lixiviation.

DES BRÈCHES ET POUDDINGS DES TERRAINS SECONDAIRES (1).

Les brèches sont très-communes dans les terrains secondaires. Plusieurs forment de beaux marbres, qui sont très-recherchés ; tels sont la brocatele d'Espagne, la brèche violette, la brèche dite d'alep.....

Ces brèches sont le plus souvent calcaires et agglutinées par un ciment calcaire.

DES POUDDINGS DES TERRAINS SECONDAIRES.

Les pouddings sont assez communs dans les terrains secondaires. On en observe des masses très-considérables dans la Champagne, dans le Gâtinais, du côté de Nemours, Montargis. Ils forment des rochers qui ont plus de vingt à trente pieds de hauteur. Ils sont composés de silex agglutinés par un ciment siliceux.

On en trouve en Angleterre de très-beaux.

L'Égypte en fournit également de grandes masses. Il paraît que la fameuse statue de Memnon était composée de pareils pouddings.

Il peut y avoir des pouddings composés d'autres pierres que de silex.

DES SABLES, OU COUCHES GRÉZEUSES DANS LES TERRAINS SECONDAIRES.

Les sables sont très-communs dans les terrains secondaires. Ils y forment souvent des couches considérables.

---

(1) *Leçons de Minéralogie*, tom. 2, pag. 492.

Ces sables diffèrent de ceux des terrains primitifs. Ils sont en partie quartzeux, mêlangés néanmoins quelquefois de portions calcaires. Alors ils font effervescence avec les acides.

Les sommets des collines des environs de Paris sont formés de ces sables. Ils y forment des couches très-régulières, comme on l'observe à Mesnilmontant, à Montmartre.... Ces couches alternent avec d'autres couches, qui sont de marne, de craie, d'argile....

Les sables des environs de Paris contiennent de grandes quantités de coquilles marines, de cerithes, de corbules....

C'est en quoi ils diffèrent des sables d'alluvion, formés par les eaux, comme les sables charriés par les grands fleuves.

Ces sables s'étendent à d'assez grandes distances de Paris; à Fontainebleau, à Villers-Coterets.....

On retrouve de pareils sables dans différentes contrées. Le Hanovre, la Prusse.... en contiennent beaucoup.

L'Afrique a des plaines immenses de sables. On ne connaît pas toute l'étendue de celles de l'intérieur de ce pays.

Mais celles du Shara s'étendent depuis le mont Atlas jusqu'à la vallée du Nil, se continuent au-delà de cette vallée jusqu'à la mer Rouge. On les retrouve au-delà de la mer Rouge, dans l'Arabie; ils s'étendent jusqu'à la vallée de l'Euphrate. On les retrouve au-delà de cette vallée, en Perse.

Le grand désert sabloneux de Chamo.... pourrait bien en être une suite.

L'Amérique contient une moins grande quantité de ces sables.

Les sables dont nous venons de parler, sont en partie des produits de ces cristallisations secondaires.

Une autre portion paraît être des produits d'alluvion, tels que ceux du Zuiderzé.

DES MASSES GRANITIQUES ÉPARSES SUR LES COUCHES SECONDAIRES.

On a trouvé sur de hautes montagnes calcaires secondaires, et bien loin des terrains primitifs, de gros blocs de granit, et d'autres pierres de terrains primitifs.

Il existe de ces blocs de granit sur les monts Salèves, auprès de Genève. Ils sont plus ou moins gros, plus ou moins roulés, et toujours ou presque toujours à la surface de la terre.

On en trouve aussi beaucoup dans le pays de Vaud, sur les bords du lac Theman, et à une distance plus ou moins considérable de ce lac. Plusieurs de ces blocs sont très-gros; d'autres sont d'un assez petit volume.

J'ai également vu plusieurs pareils blocs sur le Jura, du côté de Pontarlier. Quelques-uns ont plus de cent pieds cubiques; d'autres sont plus petits, et Pontarlier est élevé de trois cents toises au-dessus du niveau du lac de Genève.

Toute la chaîne du Jura est couverte de pareils blocs de granit, qui sont d'un volume plus ou moins considérable.

On observe de pareilles masses granitiques en divers endroits de l'Allemagne, dans des terrains secondaires.

Le fameux bloc granitique qui a servi à faire le monument élevé à Pierre I[er]., dans la ville de son nom, Pétersbourg, a été trouvé dans un marais.

Linneus parle d'un gros bloc micacé, qu'on voit auprès de Hoburg, en Gothlande, qui, dit-il, y a été apporté d'ailleurs.

Bergman a fait la même observation. « On voit, dit-il, sur la » montagne calcaire de Ruttvick, dont le sommet s'élève en- » viron de six mille pieds au-dessus du niveau de la mer, des » pierres d'une grosseur prodigieuse, et d'une nature différente » de celle de la montagne.

» Sur la montagne de Roduberg, on remarque un bloc de » feldspath rougeâtre à grains grossiers, mêlé de quartz et de » mica brun. » (*Bergman*, *Géographie physique*, *Journal des Mines de France*, N. XVI, page 64.)

DES CRISTAUX PARTICULIERS DANS LES SUBSTANCES DES TERRAINS SECONDAIRES.

Au milieu des substances des terrains secondaires, on trouve d'autres substances distinctes, formant des cristaux isolés.

Les boracites sont cristallisés au milieu des gypses de Lunebourg et de Segebert.

Des fluors sont cristallisés au milieu du calcaire dans les environs de Paris.

Des strontianes sulfurées sont cristallisées au milieu des argilles, des gypses.....

Du soufre est cristallisé au milieu du gypse, du sulfate de strontiane au val de Mazzàra, en Sicile.....

DES TERRAINS SECONDAIRES, QUI SE TROUVENT DANS DES LACS D'EAU DOUCE.

J'ai parlé, dans ma théorie de la terre (tome 5, pag. 137), des terrains formés dans les lacs d'eau douce. On s'en est beaucoup occupé depuis cette époque.

On distingue ces terrains de ceux qui ont été formés dans le sein de la mer, par la nature des fossiles qu'ils contiennent. Ceux des terrains d'eau douce contiennent des coquilles fluviatiles, telles que des planorbes, des lymnées, des moules.... tandis que les autres contiennent des coquilles marines.

Mais j'ai fait voir que des terrains formés dans les eaux des mers, peuvent contenir des coquilles fluviatiles. Car, les eaux

des fleuves, qui se rendent dans le sein des mers, y charrient les coquilles fluviatiles, ainsi que les coquilles terrestres, ainsi que les débris des animaux qui vivent sur leurs bords, ainsi que les plantes des continens.... (Journal de Physique, tome 72, page 465).

J'ai prouvé également que des terrains formés dans les eaux douces, peuvent contenir des coquilles marines. J'ai pris pour exemple le lac de Genève. Son bassin a été formé dans les eaux des mers, comme le prouvent les coquilles marines qui y sont contenues.... Il y en a beaucoup au mont Saleves....

Les eaux du lac, dans leurs grands mouvemens dégradent les bords de ce bassin : des portions en tombent dans le lac. Elles sont charriées à de plus ou moins grandes distances par les courans, et se mélangent avec les terrains qui se forment au fond du lac. Il peut donc se trouver des coquilles marines dans ces terrains, quoique formés dans les eaux douces. (Journal de Physique, tome 76, page 57).

Il est donc certain que des terrains ont été formés dans des eaux douces, comme il s'en forme encore journellement dans les grands lacs du nord de l'Amérique, le lac Ontario, le lac Erié.... le baikal, le lac Onéga.... les lacs de la Suisse, le lac de Genève, le lac majeur....

Mais on ne saurait affirmer qu'un terrain a été formé dans des lacs d'eau douce, parce qu'on trouve, dans ce terrain, quelques coquilles fluviatiles.

DES TERRAINS DE TRANSITION.

Werner a cru reconnaître des terrains d'une nature particulière, qu'il appelle *de transition*, ou *intermédiaires*, parce qu'il suppose qu'ils se trouvent entre les terrains primitifs et les secondaires ; ils contiennent des fossiles.

Nous en parlerons ailleurs.

DES TERRAINS D'ALLUVION.

Ces terrains d'alluvion sont uniquement formés par les substances minérales charriées par les eaux courantes, principalement par les grands fleuves. On a encore quelquefois désigné ces terrains sous le nom général d'*attérissemens* : tels sont :

Les limons ;

Les galets ;

Les sables d'attérissement ;

Les breches ;

Les pouddings.

Ces terrains d'alluvion s'observent principalement dans les vallées étendues, où coulent les grands fleuves, et à leur embouchure dans les mers.

a. Quelquefois ces attérissemens sont composés seulement de parties argileuses, de limons.... comme l'est le Delta, en Égypte, formé par les attérissemens du Nil...

b. D'autres fois ces attérissemens contiennent une grande quantité de galets. Telle est la plaine de la Crau, à l'embouchure de la Durance...

c. Ces galets s'agglutinent quelquefois, et forment des pouddings et des breches.

d. Enfin, si ces galets sont réduits en parties très-fines, ils forment des sables.

DU LIMON.

Lorsque les parties déposées par les eaux sont à l'état terreux, on les appelle *limons*. Elles contiennent le plus souvent des portions de végétaux et d'animaux décomposés ; on donne alors à ces limons le nom de *humus*. (Leçons de Minéralogie, tom. 2, pag. 564.) Telles sont les plaines de la Basse-Égypte, du Delta.

DES GALETS OU PIERRES ROULÉES.

Tous ces terrains sont remplis de pierres, qui ont été usées et arrondies par le frottement qu'elles ont éprouvées en roulant dans le sein des eaux. On leur a donné le nom de pierres roulées, ou de *galets.*

La plaine de la Crau, en Provence, formée par les attérissemens de la Durance, l'île de la Camargue, formée par les attérissemens du Rhône.... sont remplies de galets plus ou moins gros.

On retrouve de pareils galets dans la plupart des rivières et des fleuves.

Ces galets sont composés des roches qui ont été détachées des montagnes, d'ou viennent les eaux qui les ont apporté. Les observateurs les y reconnaissent facilement.

DES BRECHES ET POUDDINGS D'ALLUVION.

Enfin, les terrains d'alluvion contiennent également une grande quantité de brèches et de pouddings.

Ces pouddings sont formés de galets agglutinés par un ciment quelconque. Il peut être siliceux, calcaire....

DES SABLES D'ALLUVION.

On voit, dans les vallées où coulent les grands fleuves, qui viennent des terrains primitifs, des quantités plus ou moins considérables d'un sable quartzeux et très-fin. Les vallées de la Loire, de la Garonne, de l'Adour, du Rhin... sont remplies d'un pareil sable. Il s'amoncèle ensuite à leur embouchure dans l'Océan, où il forme des *barres*, des îles, et comble souvent ces

bras de mer. C'est ainsi que les sables accumulés à l'embouchure du Rhin empêchent que la plus grande partie de ces eaux se rendent en masse à la mer : elles se perdent dans ces sables, et le Zuiderzée est comblé en partie par cette masse sableuse qui s'accroît chaque jour.

La Seine, à Paris, contient des sables quartzeux qui y sont apportés par la rivière de l'Yonne. Ils s'amoncèlent au Hâvre, et y forment des barres... Ces sables accumulés dans les eaux des mers, y forment des bancs plus ou moins étendus qui forment des obstacles à la navigation.

Les masses des sables d'alluvion s'étendent souvent dans le sein des mers, où ils forment des bancs considérables. On en voit dans la mer d'Allemagne, plusieurs qui paraissent des prolongations des sables charriés par le Rhin, le Wéser, l'Elbe... Tel est le *borneur*, qui s'étend jusques sur les côtes d'Écosse...

Il y en a un autre dans le golfe de Lyon, qui s'étend jusques sur les côtes d'Afrique.

Le banc de sable de Terre-Neuve a peut-être été formé par les sables charriés par le Mississipi et les fleuves des États-Unis, et ensuite amoncelés par le courant du golfe du Mexique.

Ces sables d'alluvion formés par le cours des fleuves, se distinguent de ceux des terrains secondaires, dont nous avons parlé ci-devant, par la nature des coquilles qu'ils contiennent. Nous avons vu que celles qui sont dans les sables des environs de Paris sont des coquilles marines, des cerites, des solen.... D'ailleurs, ces sables forment des couches régulières, au lieu que les sables d'alluvion sont amoncelés en masses informes.

Une portion de ces amas immenses de sable, qu'on observe dans les plaines d'Afrique, d'Asie.... peut provenir de ces sables d'alluvion.

DES TERRAINS VOLCANIQUES.

Les éjections volcaniques couvrent quelquefois des contrées entières, et forment ce que je désigne ici par *terrains volcaniques*; ils sont très-étendus, et occupent une assez grande partie de la surface de la terre.

On doit distinguer plusieurs espèces de terrains volcaniques;

1°. Ceux qui sont formés pour les éjections des volcans en activité.

2°. Ceux qui sont formés d'éjections de volcans éteins.

3°. Ceux qui ont été formés par les éjections de volcans sousmarins.

Nous ne présenterons ici, au lecteur, qu'une description très-abrégée de ces différens terrains, parce qu'on la retrouve dans tous les auteurs.

Les volcans ont été beaucoup plus nombreux qu'on ne pense communément. Lorsqu'on parcoure sur la mappemonde, tous ceux dont parlent les observateurs, on est étonné de leur nombre : sans doute ils ne sont pas encore tous connus.

Il y a encore un grand nombre de volcans sousmarins : nous en soupçonnons quelques-uns; mais nous sommes bien éloignés de les tous connaître.

Le nombre des volcans éteins est beaucoup plus considérable que celui de ceux qui sont en activité. Les seuls minéralogistes en peuvent reconnaître l'existence, par les traces qu'ils ont laissées. C'est pourquoi les voyageurs ordinaires, la plupart peu instruits dans ces matières, n'ont pu nous donner aucune instruction à cet égard; mais nous en pouvons juger par les pays que des voyageurs connaissant ces objets, ont parcourus.

La partie méridionale de l'Europe présente plusieurs volcans considérables, qui sont en activité.

L'Etna, en Sicile, connu aujourd'hui sous le nom de *Mont-Gibel*, est un des plus grands volcans qui existe. Sa première éruption date, suivant Guenau, de quinze cents ans avant notre ère (Collection Académique, partie française, tome 6, page 486); mais il est vraisemblable qu'elle a été bien antérieure.

On trouve, dans la même île, des vestiges de plusieurs volcans éteints, dont les principaux sont au *Val-di-Notto*, dans les monts Neptuniens, qui paraissent plus anciens que l'Etna.

Les îles Liparis ou Eoliennes, sur les côtes de Siciles, dans la mer de Naples, contiennent des volcans toujours en activité; Stromboli, Vulcanello.... jettent presque continuellement des flammes.

L'Italie compte deux volcans célèbres par leur activité : le *Vésuve*, dont la première éruption connue, qu'on a observée avec soin, eut lieu en 77 de notre ère. Mais plusieurs faits paraissent prouver qu'il y avait eu des éruptions antérieures.

Et le *Solfatan*, qui, depuis le commencement de ce siècle, ne fait plus d'éruption.

Mais le reste de l'Italie est rempli de vestiges d'anciens volcans éteints.

Ces volcans s'étendent à l'est par le mont Voltera jusqu'à la mer Adriatique.

Toute la côte de la Campanie présente des restes volcaniques.

Les environs de Rome, et le sol même de la ville, paraissent entièrement volcaniques.

Ces laves s'étendent jusqu'à Sienne, du côté de Boulogne.

Par conséquent, on peut assurer que, depuis Sienne jusqu'aux dessous de Naples, c'est-à-dire l'espace d'environ

quatre-vingts lieues, toutes ces contrées indiquent l'action des feux souterrains; il faut en excepter environ vingt lieues, depuis le mole de Gaëte jusqu'auprès de Velletri, où on n'observe aucune trace volcanique.

Dans le Vicentin et le Padouan, il y a un espace de quinze lieues, qui, suivant les observations d'Arduini, ne présente que des vestiges d'anciens volcans, lesquels paraissent avoir été sousmarins; ils occupent une partie des monts Euganiens. Les plus considérables de ces volcans sont:

Le mont Saint-Lucas.

Le mont Gorgignano.

Le mont Rosso, à Padoue.

Les monts Diavolo, Ronca et Bolca, dans le Viconois.

Le mont Levignon, dans le Vicentin.

Toute cette partie de l'Italie paraît avoir été ravagée par les volcans.

Les Lagunes de Toscane sont remplies d'eaux chaudes, de vapeurs de gaz hydrogène sulfuré, et d'acide sulfureux.

On trouve dans le Modénois et dans la Ligurie, des sources abondantes d'huile de petrole, de naphte, qui sont volatilisées.

Les parties méridionales de la France sont remplies de cratères de volcans éteints, et de substances volcaniques : on y observe de très-belles chaussées basaltiques, des scories, des ponces, de la pouzzolane.

Le nord de l'Angleterre, l'Écosse, l'Irlande, les îles Hybides, offrent des restes considérables de matières volcaniques : la chaussée d'Antrim, l'île de Staffa, présentent des colonnes basaltiques de la plus grande beauté.

L'Islande renferme plusieurs volcans en activité, tels que l'Hecla, le Kattlegia.

Des volcans éteints sont très-nombreux en Allemagne; il y

en a un grand nombre sur les rives du Rhin, à Bonn... dans la Hesse, en Bohême, en Lusace, en Misnie, en Hongrie.

L'Asie possède plusieurs volcans en activité, les monts Albours, du côté de Tauris.

Il y a, du côté du Kamschatka, trois volcans considérables, celui d'Awatcha, celui de Tolbulchick, celui de Kamsatka.

Le Japon, et les îles de l'Archipel indien, contiennent plusieurs volcans en activité.

L'Afrique a aussi des volcans en activité; on y distingue particulièrement celui nommé Pic du Teyde, aux Canaries; les volcans de l'île de Bourbon.

Mais les plus grands volcans connus, sont ceux du Mexique, et du Pérou : on y distingue, principalement au Mexique, les volcans de Oribasa, de Perottes, de....

Au Pérou, il y a les volcans de Cotopaxi, de Pitchinca, de Chimboraço.

Toutes les îles de la mer Athlantique sont remplies de volcans en activité: les Açores, Madère, l'île de Ténérife, le Cap-Vert, l'île de Bourbon....

Les substances vomies par ces divers volcans répandus sur la surface du globe, en ont couvert une partie assez considérable, et ont formé ce qu'on appelle les *terrains volcaniques*

Dans quelques-uns de ces terrains les susbtances volcaniques sont entières, et n'ont éprouvé aucune altération, ou au moins une très-petite : c'est ce qu'on observe au pic de Teyde, à l'île de Bourbon, à l'Ètna, au Vésuve....

Dans quelques autres, les substances volcaniques ont commencé à éprouver une altération. On voit à l'Etna, au Vésuve..., des substances déjà plus ou moins altérées.

Enfin, on trouve, dans d'autres terrains, les substances volcaniques entièrement décomposées, comme dans les plaines de la Limagne d'Auvergne....

Ici les substances volcaniques couvrent entièrement la surface du sol, qu'il soit primitif ou secondaire ; et lorsque les laves sont porphyriques, et le sol secondaire, soit calcaire, soit bitumineux.... on serait tenté de croire que les porphyres peuvent reposer quelquefois sur les terrains secondaires. Les Neptuniens ont tiré souvent cette conséquence, parce qu'ils ont regardé comme de vrais porphyres formés par l'eau, des laves porphyriques formées par le feu.

Ailleurs, des substances volcaniques alternent avec des couches de différentes matières, bitumineuses, calcaires.... Ceci indique que les volcans ont été sousmarins, et qu'ils ont éprouvé différentes éruptions. Dans l'intervalle d'une de ces éruptions à l'autre, il s'est formé de nouvelles couches calcaires, bitumineuses...... Une nouvelle éruption volcanique à couvert ces couches...... et ainsi alternativement jusqu'à vingt couches, comme quelques volcans.....

Enfin, les substances volcaniques sont quelquefois entièrement cachées sous d'autres couches.

Parmi le grand nombre de volcans dont nous venons d'indiquer les lieux, il en est plusieurs qui paraissent éteints, et qui, depuis plusieurs siècles, ne rejettent plus aucune substance volcanique.

On ne pourrait cependant pas assurer que le foyer de l'incendie est parfaitement éteint ; car on trouve encore souvent dans leur voisinage des matières combustibles, telles que l'asphalte, le petrole, la naphte, qui sont volatilisées. C'est ce qu'on voit auprès du Puy-de-Dôme, au mont Ararath.... On voit, auprès d'autres volcans éteints, que l'acide sulfureux est volatilisé... Toutes ces substances ne peuvent être volatilisées, que parce qu'il y a encore un degré de chaleur assez considérable dans l'intérieur de la terre en ces endroits.

D'autres volcans demeurent tranquilles pendant un tems plus

ou moins considérable, au point qu'on les croit éteints. Leurs feux se rallument ensuite avec une nouvelle activité. C'est ce qui est arrivé au Vésuve en 1631.... Il était tranquille depuis plusieurs siècles....

C'est ce qui est arrivé à *Montenuovo*, en 1572; c'est ce qui est arrivé au volcan de Jorullo, au Mexique, en 1755.

Enfin, il est des volcans qui jettent perpétuellement des flammes et des laves. Le Stromboli, depuis deux mille ans, vomit continuellement des flammes et des matières volcaniques. Il n'y a environ qu'un quart-d'heure d'intervalle entre chaque jet de flammes et de substances volcaniques.

DES TERRAINS PSEUDO-VOLCANIQUES.

Ces terrains ne sont pas très-étendus. Cependant ils sont en assez grand nombre, pour que l'historien géologue en doive faire mention. J'ai décrit (*Leçons de Minéralogie*, tom. 2, p. 547.) la matière des pierres qui les composent : et j'ai assigné les caractères qui doivent servir à les faire reconnaître.

Les substances pseudo-volcaniques sont des minéraux qui ont éprouvé l'action d'un feu et d'une chaleur plus ou moins considérables ; mais ce n'est pas un feu de volcans. Ce feu est produit par des houilles ou autres substances bitumineuses, qui se sont enflammées spontanément. Dans presque toutes les grandes mines de houilles, il en est des portions enflammées ; les schistes et autres substances contiguës éprouvent une chaleur assez intense pour leur donner un aspect de substances volcaniques. C'est pourquoi on leur a donné le nom de pseudo-volcaniques.

La plupart des tripolis doivent rentrer dans la classe des pseudo-volcaniques, ainsi que les porcelanites.....

Labouiche, en Auvergne, offre un grand nombre de ces substances. Des substances bitumineuses y ont été enflammées

spontanément, et ont converti toutes les substances qui leur étaient contiguës en pseudo-volcaniques.

Ces terrains sont également abondans en Saxe, où Werner les a observé.

DES ROCHES OU PIERRES AGREGÉES.

J'ai donné le nom de *roches* aux pierres agregées qui sont composées de différentes substances minérales cristallisées ensemble, et formant une seule masse. (Leçons de Minéralogie, tom. 2, pag. 429). Je les ai divisées en différens ordres ou sous-divisions, à raison des substances dont elles sont formées. Les différentes terres qui y dominent, sont les bases de ces sous-divisions.

1ere. *Sous-Division.* Roches siliceuses.
2e. *Sous-Division.* Roches argileuses.
3e. *Sous-Division.* Roches magnésiennes.
4e. *Sous-Division.* Roches calcaires.
5e. *Sous-Division.* Roches barytiques.
6e. *Sous-Division.* Roches strontianiques.
7e. *Sous-Division.* Roches gluciniques.
8e. *Sous-Division.* Roches circonéennes.
9e. *Sous-Division.* Roches gadoliniques.

J'y ai ajouté :

10e. *Sous-Division.* Roches sulfureuses.
11e. *Sous-Division.* Roches de substances combustibles ou anthracites.
12e. *Sous-Division.* Roches de substances métalliques.
13e. *Sous-Division.* Roches volcaniques.
14°. Il faut ajouter les roches salines des terrains secondaires.

Et toutes les roches des terrains secondaires, les métalliques, les sulfureuses, les bitumineuses.

Chaque sous division forme, à raison de la nature de l'agrégation :

Des granits ;
Des granitoïdes ;
Des porphyres ;
Des porphyroïdes ;
Des brèches ;
Des pouddings ;
Des grès ;
. . . .

(Il faut voir ce que j'ai dit des roches, dans mes *Leçons de Minéralogie*, tom. 2, pag. 429.)

DE LA POSITION RESPECTIVE DES DIFFÉRENTES ROCHES, A LA SURFACE DU GLOBE.

La connaissance des roches doit intéresser particulièrement le géologue, parce que ce sont elles qui paraissent constituer les grandes masses du globe. Il doit avoir surtout égard à leurs positions respectives à la surface du globe. Aussi, les géologues s'en sont-ils beaucoup occupé dans ces derniers tems.

Mais les faits me paraissent prouver qu'on a souvent pris des cas particuliers pour des faits généraux. *Werner*, par exemple, a vu, dans les montagnes de la Saxe, des porphyres superposés sur des granits : d'où il a conclu en général que la formation des porphyres est postérieure à celle des granits. Cependant, dans nos terrains primitifs de France et ailleurs, j'ai vu constamment les porphyres mêlangés avec les granits. *Dolomieu* regardait même ces deux roches comme de même nature, et il n'y mettait presque aucune différence.

On peut dire la même chose des positions respectives qu'on a assignées à la plupart des roches de la surface du globe. Les hornblendes, les schistes, les serpentines.... sont également placés irrégulièrement, les uns par rapport aux autres.

Cependant, les granits et les porphyres paraissent en général les roches qui sont au-dessous des autres.

DE LA POSITION RESPECTIVE DES DIFFÉRENTES SUBSTANCES QUI COMPOSENT L'INTÉRIEUR DU GLOBE.

Quand à la position de ces différentes roches qu'on suppose composer l'intérieur de la masse du globe, nous n'avons aucunes données certaines. On peut seulement assurer que ces roches sont déposées de manière que la densité moyenne du globe soit à peu près égale dans les différentes profondeurs, et dans les différens strates, comme l'indique la longueur du pendule. (Voyez ce que nous en avons dit ci-devant.)

Cependant cette densité augmente en général, à mesure qu'on approche du centre du globe, ce qui indique que les substances métalliques, les barytites, les strontianites.... y sont en plus grande quantité.

L'état magnétique du globe fait supposer que le fer particulièrement à l'état magnétique, y est prédominant.

DES CHAINES DE MONTAGNES, DES VALLÉES, ET DES PLAINES.

Après avoir considéré, en détail, la nature des différens terrains qui composent la surface du globe, et leur positions respectives, examinons-les en masses : ils forment des montagnes, des vallées, et des plaines.

Les montagnes primitives s'offrent les premières aux regards de l'observateur; leurs pics sourcilleux ont quelque chose de triste, leurs sommets les plus élevés sont couverts de glaces, qui ne fondent plus; de leurs flancs sortent les fleuves les plus considérables du globe : elles recellent dans leur sein, de grandes quantités de substances métalliques.

Ces montagnes primitives paraissent former les sommités les plus élevées du globe, exceptés quelques pics volcaniques. La plupart de ces hauts sommets sont de granits, et de porphyres: elles dominent ordinairement les terrains secondaires; des montagnes, au Thibet, ont jusqu'à 7,400 mètres d'élévation.

Il est cependant des montagnes et des terrains primitifs beaucoup moins élevés que des secondaires, quelques terrains primitifs plongent même sous les eaux des mers.

Les montagnes des terrains primitifs forment des chaînes plus ou moins prolongées; mais leur largeur, en général, est peu considérable : quelquefois elle n'a pas une lieue. Des terrains d'une autre nature, des calcaires secondaires, des schistes, des gypses.... sont déposés sur leurs flancs.

Car, sur les granits, les porphyres.... qui paraissent faire la partie centrale des terrains primitifs, sont déposés toutes les autres substances des terrains primitifs, dont nous avons parlé: les gneis, les schistes micacés, les schistes argileux, les serpentines, les talcs, les steatites, les lherzolites....

De savans naturalistes ont prétendu que les terrains primitifs étaient constamment séparés des secondaires par des schistes de diverses natures. C'est l'opinion de *Pallas*, de *Ferber* : » Re-
» marquez, écrivait *Ferber* à *de Born*, que dans mon voyage de
» l'Italie par le Tyrol, j'ai traversé des montagnes calcaires,
» ensuite des schisteuses, enfin des granits; que ces dernières
» étaient les plus élevés. Je suis redescendu de la partie la plus
» élevée par des montagnes schisteuses, et ensuite calcaires....

» il dit qu'on observe la même chose dans toutes les chaînes » primitives ». *Lettres de Ferber à de Born.*

Je crois qu'on a trop généralisé des faits particuliers ; il est vrai que des schistes se trouvent souvent entre les granits et les terrains secondaires ; mais plus souvent peut-être encore, cela n'est pas. J'ai suivi a de grandes distances des limites de terrains primitifs, et de terrains secondaires ; et le plus souvent, je n'y ai point vu de schistes. Le terrain secondaire est souvent contigu aux granits, aux porphyres.

Les autres grands globes présentent des montagnes encore bien plus élevées que le globe terrestre, comme l'a fait voir *Schroeter* (Journal de Physique, tome 48, page 459, année 1799).

Les plus hautes montagnes de la terre sont d'environ 3000 toises. *Crawford* en soupçonne de 4000 toises au Thibet.

La *Lune*, qui est soixante fois plus petite que la terre, a, suivant *Schroeter*, des montagnes élevées de plus de 4000 toises.

Vénus a, suivant le même astronome, des montagnes élevées de vingt-trois mille toises.

Les grosses planètes, Saturne, Jupiter, doivent avoir des montagnes encore bien plus élevées.

Le soleil doit en avoir d'immenses.

DE L'INCLINAISON DES COUCHES PRIMITIVES.

On observe, dans toutes les grandes chaînes de montagnes primitives, une inclinaison générale des différens terrains dont elles sont composées. *Friesleben*, *Buch*, *Gruner*, et *Humboldt*, s'en sont particulièrement occupés ; ils ont cru reconnaître que la direction générale de l'inclinaison de ces terrains, dans l'hémisphère boréal est, du nord au sud, sous un angle de 50 degrés environ.

Nous rapporterons ailleurs les faits sur lesquels ils appuyent leurs opinions.

Nous observerons d'abord comme un fait constant, que plusieurs substances de terrains primitifs sont cristallisés en masses plus ou moins considérables, ainsi que nous l'avons dit, et ne forment point de couches : tels sont les granits, les porphyres, les serpentines.... elles ne sauraient donc avoir aucune inclinaison.

Néanmoins, il est certain que d'autres terrains primitifs sont plus ou moins inclinés : les gneis, les schistes micacés, les schistes primitifs.... sont toujours déposés en couches, et sont ordinairement plus ou moins inclinés.

Saussure a décrit les couches du mont d'Arpenaz, §. 477 : elles sont très-inclinées, et quelquefois contournées : les Alpes, les Pyrénées.... présentent un grand nombres de pareilles couches.

On voit cependant quelques-unes de ces substances, déposées par couches, n'être pas, ou au moins très-peu inclinées. Le mont Rose, montagne élevée de 2400 toises, est, suivant *Saussure*, §. 2113, composé de gneis déposés horizontalement, ou à peu près horizontalement.

On doit faire une observation essentielle sur la direction de l'inclinaison de toutes les couches des grandes montagnes primitives. On y observe constamment un point central, une masse prépondérante. Ce point paraît avoir influencé toutes les cristallisations environnantes. Les mêmes phénomènes s'observent dans toutes les grandes masses qui cristallisent. Par exemple, dans les masses de sel marin qui cristallise dans les marais salans, toute la masse cristallisée tend vers ce point central. Un mât, par exemple, placé dans le marais, détermine autour de lui une masse de cristaux.

Le mont Blanc, dans les Alpes, paraît un de ces points cen-

traux. Toutes les couches de terrains qui l'environnent paraissent tendre vers cette masse immense, qui leur sert de point central.

DE L'INCLINAISON DES COUCHES SECONDAIRES.

Les couches des terrains secondaires, des pierres calcaires, des gypses, des schistes... sont le plus souvent inclinées, telles sont les couches de la plupart des montagnes secondaires des Alpes, des Pyrénées...

Les couches des ardoises d'Angers sont inclinées de cinquante à soixante-dix degrés.

Les couches de houille de Creuzot..... sont également très-inclinées.

La position de plusieurs couches secondaires est néanmoins quelquefois presque horizontale; telle est celle de la plupart des couches des environs de Paris...

Quelquefois, dans le même terrain, une partie des couches est inclinée, et les autres ne le sont pas. C'est ce qu'on observe dans les immenses houillères de Saint-Gilles, proche Liége. Il y a des couches presque horizontales, d'autres sont plus ou moins inclinées; quelques-unes sont presque verticales.

DES CAVITÉS SOUTERRAINES.

On observe à la surface du globe différentes cavités. Lorsque ces cavités, qui se rencontrent dans les masses des montagnes, ont une certaine largeur, elles prennent le nom de cavernes ou de grottes. Je distingue trois espèces de cavités souterraines.

Les cavités des terrains primitifs;

Les cavités des terrains secondaires;

Les cavités des terrains volcaniques.

DES CAVITÉS DES TERRAINS PRIMITIFS.

On ne rencontre point de cavités proprement dites dans les terrains primitifs ; car les cavités nommées *fours à cristaux*, qu'on y observe, ne peuvent être regardées comme des cavernes : elles sont peu étendues.

Mais il est probable que dans l'intérieur du globe, des cavités considérables se trouvent dans les terrains primitifs ; car les masses qui se sont précipitées vers le centre, ont dû laisser entre elles des intervalles plus ou moins considérables.

DES CAVITÉS, OU GROTTES DES TERRAINS SECONDAIRES.

Mais on trouve, dans les terrains secondaires, une assez grande quantité de cavités souterraines, qu'on appelle *grottes* ou *cavernes*, et qui ont quelquefois une étendue assez considérable.

Les différens auteurs ont donné la description de plusieurs de ces cavernes ou grottes.

Tournefort a décrit la grotte de Paros, située dans l'Archipel. Il y a plusieurs chambres. Elle est remplie de stalactites....

La grotte ou caverne de la Balme, auprès de Sallenche, a été décrite par Saussure (§ 465).

Il a aussi décrit (§ 238) différentes cavernes situées entre Gênes et Nice. Il pense qu'elles ont été creusées par les eaux de la mer.

Pallas a décrit une caverne assez considérable, qui se trouve dans du gypse, en Sibérie.

On connaît un grand nombre de pareilles cavernes, dont la description a été faite par différens auteurs.

DES CAVITÉS VOLCANIQUES.

Il a dû se former sous les grandes montagnes volcaniques, qui depuis plusieurs siècles vomissent des quantités de laves.... des cavernes plus ou moins considérables. Quelques-unes ont été aperçues par des voyageurs.

L'existence de ces cavernes est encore prouvée par la chûte d'une partie du cratère de volçan, qui a lieu quelquefois. Le cratère du Vésuve, qu'on observe souvent, s'écoule assez fréquemment.

Celui de la Solfatare s'est écroulé il y a plus d'un siècle.

DES FENTES QUI SE TROUVENT A LA SURFACE DU GLOBE TERRESTRE.

Dans l'énumération des phénomènes géologiques, on ne doit pas oublier *les fentes* qu'on observe dans différens terrains. Les grandes masses qui forment le globe ne sont point d'une seule pièce : elles ont éprouvé des scissures, qui divisent les bancs et les lits dont elles sont composées.

Mais ces fentes ne sont, pour ainsi dire, qu'une solution de continuité des masses, une interruption, et souvent il n'y a point d'espace vide entre les deux portions ainsi séparées. On pourrait donner à ces fentes le nom de *scissures*.

Ce qu'on appelle communément *fentes* diffère de celles-ci, en ce qu'il y a un vide plus ou moins considérable entre les deux portions séparées. Ce sont les vraies fentes, lesquelles se prolongent à une distance plus ou moins étendue.

On observe quelques-unes de ces fentes dans les grandes excavations souterraines, telles que les grottes, les cavernes...

Les grandes carrières des environs de Paris en présentent plusieurs, que j'ai souvent fait observer à mes élèves.

Mais il a dû se former à l'extérieur de la terre des fentes d'un autre genre. Un globe de deux mille huit cent soixante-cinq lieues de diamètre, qui avait primitivement un degré de chaleur considérable, et qui se refroidit continuellement, a dû se gercer, se fendre à la surface. Ces fentes ont été sans doute considérables, et se sont étendues à une assez grande profondeur, que nous ne saurions néanmoins assigner.

Ces fentes sont analogues à celles qu'on observe dans les glaciers, et sont produites par les mêmes causes.

Ces scissures et ces fentes séparent les différens strates de la terre, les isolent les uns des autres comme les disques des piles voltaïques; d'où naît entre eux une action galvanique.

DE L'ÉTENDUE DES MERS.

Puisque tout le globe a été couvert par les eaux, comme nous en avons un si grand nombre de preuves, ces eaux primitives ont été les premières origines des mers. Elles se sont abaissées successivement, jusqu'au point où nous les voyons, et vraisemblablement, suivant les analogies, cet abaissement ira toujours en augmentant.

Les eaux des mers, dans ces tems primitifs, étaient bien différentes de ce qu'elles sont aujourd'hui. Elles ne contenaient point de sel marin, qui paraît un produit nouveau, puisqu'il ne se rencontre jamais dans les terrains primitifs.

Mais elles renfermaient et tenaient en solution une certaine quantité des différentes substances dont sont composés les ter-

rains primitifs. Car, après la grande cristallisation du globe, les eaux restantes que nous avons appelé les *eaux mères*, contenaient encore un grand nombre de ces substances, dont les unes étaient dissoutes, telles que les calcaires, les gypses.... les autres étaient simplement suspendues, comme les argiles....

Une partie de ces substances cristallisa postérieurement à la grande cristallisation de la masse; les eaux devinrent plus pures; elles furent moins surchargées de parties étrangères; leur volume diminua en même tems.

Elles ne contenaient encore aucun être vivant, ni végétal, ni animal.

Cette diminution des eaux augmentant de plus en plus, les sommets des continens commencèrent à paraître comme de petites îles, et les bassins des mers actuelles se dessinèrent. Elles occupèrent les grandes vallées que formaient les grandes masses cristallisées.

Enfin les eaux s'abaissant de plus en plus, les continens actuels se dessinèrent à peu près tels que nous les voyons; mais cette diminution ne s'opéra que successivement, et à des périodes que nous ne saurions déterminer.

Les mers ont beaucoup plus d'étendue dans l'hémisphère austral que dans l'hémisphère boréal, ainsi que nous l'avons dit.

On a cherché à déterminer la profondeur moyenne des eaux des mers. La sonde l'a déterminée dans la plus grande partie de leur étendue. Cependant il est quelques endroits, dans les hautes mers, où la sonde n'en n'a pu atteindre le fond: on ne peut donc estimer cette profondeur que par *approximation*.

J'ai supposé par approximation (*Théorie de la Terre*, tome 4, page 514) que la profondeur moyenne du bassin des mers était environ de deux cent cinquante toises. Cette estimation me paraît assez exacte; car il est peu d'endroits, dans les hautes mers, où la sonde ne puisse aller jusqu'au fond, et dans les plus

grandes parties de leur étendue, elles ont peu de profondeur, savoir le long des côtes, auprès des îles... On suit les chaînes des montagnes dans la plupart des mers.

DES LACS.

Par lacs, on entend des masses d'eau assez considérables. Lorsqu'ils ont une grande étendue, ils prennent quelquefois le nom de mers, tels sont la mer Caspienne, la mer ou lac Aral...

Lorsque ces amas d'eau sont, au contraire, très-bornés, on leur donne le nom d'étangs ou marres... comme à l'étang de Thot, en Provence, à l'étang de Saint-Férol... qui fournit les eaux au canal de Languedoc....

Les eaux de la presque totalité des lacs sont douces, telles sont celles des grands lacs de l'Amérique septentrionale, des lacs de la Suisse... qui sont traversés par des grands courans, par des fleuves...

Cependant il est quelques lacs dont les eaux sont salées, telles que celles de la mer Caspienne, du lac Aral, de plusieurs lacs d'Afrique... Ils ne sont pas traversés par des eaux courantes.

D'autres ont seulement leurs eaux saumatres, tel que le lac Mexico... et plusieurs lacs d'Afrique, de Sibérie...

Il y a, sur la surface du globe, un grand nombre de lacs dont on trouve la description par les voyageurs et par les géographes. Nous ne répéterons pas ici ce qu'ils en ont dit.

Les lacs ont été ordinairement formés lors de la retraite des eaux des mers, dans des vallées plus ou moins considérables, qui n'avaient point d'issue.

Les lacs sont entretenus par les eaux pluviales, les neiges.... Des ruisseaux, des rivières y apportent leurs eaux; et il en sort ordinairement des fleuves plus ou moins considérables. La plupart des grands fleuves sortent des lacs. L'Amazône sort du lac

Lauricocha; le Saint-Laurent sort des grands lacs de l'Amérique septentrionale; l'Ob sort du lac Baïkal... le Rhône sort du lac de Genève...

Mais il est plus exact de dire que ces lacs sont entretenus par des ruisseaux, des rivières...

Les lacs diminuent par deux causes principales : les torrens qui s'y jettent y apportent des attérissemens qui les comblent...

D'un autre côté, les fleuves qui en sortent, creusent les chaussées... C'est ainsi que le Rhône a creusé sa chaussée à Genève... le Potomak à Niagara...

Il doit donc s'ensuivre que l'étendue des lacs diminue journellement.

Plusieurs ont même disparu; c'est ce qu'ont vérifié tous les observateurs. La Thessalie était autrefois le bassin d'un lac.

La Boétie paraît avoir été un grand lac qui s'écoula du tems d'Inachus.

J'ai fait voir (*Théorie de la Terre*, tome 3, page 504) que plusieurs plaines ont été autrefois des bassins de lacs dont les eaux se sont écoulées.

La Dombe et une partie de la Bresse ont été les bassins d'un assez grand lac, dont la chaussée était à Lyon, à Pierre-Scisse. Ce lac s'étendait jusqu'à Châlons-sur-Saône, et peut-être plus loin.

La plaine de Montbrisson était également le bassin d'un lac, dont la chaussée était auprès de Balbigny, au-dessus de Roanne.

Le lac de Genève s'étendait vraisemblablement, dans des tems reculés, jusqu'au fort l'Ecluse, et couvrait, par conséquent, le pays de Vaud, le Valais, une partie de la Savoie...

DES EAUX COURANTES, OU DES FLEUVES.

Une masse d'eau courante un peu considérable, qui se rend directement à la mer, ou dans un grand lac, porte le nom de *fleuve*. Les autres eaux courantes ont le nom de *rivières*, ou de *ruisseaux*, suivant leur volume.

Le nombre des fleuves, qui coulent à la surface de la terre, est très-considérable. Il varie dans les divers continens, soit à raison de la température, soit à raison des chaînes de montagnes.

L'Afrique a un petit nombre de fleuves, parce que la température brûlante de son sol fait évaporer la plus grande partie des eaux que fournissent les pluies. Elle a d'ailleurs peu de montagnes.

L'Amérique, au contraire, compte un grand nombre de fleuves, et ce sont les plus considérables du globe; aussi y observe-t-on les plus grandes masses de montagnes : elles sont couvertes de forêts.

La température, d'ailleurs, de ces contrées, est peu élevée.

L'Asie a également beaucoup de fleuves considérables, surtout dans les contrées du Nord qui sont si froides. Nous avons vu que d'immenses chaînes de montagnes très-élevées traversent ce continent de l'est à l'ouest.

L'Europe a beaucoup moins de fleuves que l'Amérique. Cependant il y en a un assez grand nombre.

Plusieurs causes doivent, à la suite des siècles, diminuer le nombre des fleuves, ainsi que les masses d'eau qu'ils roulent. Les montagnes diminuent journellement... L'homme détruit les forêts; or, on sait que les montagnes arides et sans forêts contiennent moins de fontaines, fournissent moins d'eau, parce que les nuages s'y arrêtent moins.....

Après avoir exposé succinctement les principaux faits que nous présente la surface du globle, et ceux que nous avons pu déduire des théories, nous allons rechercher le mode dont, *d'après les connaissanees actuelles*, on peut supposer qu'il a été formé. Considérons d'abord les substances simples, ou élémens, dont il est composé.

SECTION TROISIÈME.

DE LA NATURE DES PRINCIPES QUI COMPOSENT LE GLOBE TERRESTRE, ET DE LEUR CRISTALLISATION (1).

Tous les faits prouvent que le nombre des principes, ou substances dites élémentaires, dont est composé le globe terrestre, est assez considérable ; et certainement nous ne les connaissons pas tous, puisque la chimie en découvre chaque jour de nouveaux : tels que l'iode.....

Ceux qui sont connus sont :

1. Le feu, ou fluide igné, dénommé aujourd'hui le *calorique.*

2. Le fluide lumineux.

3. Le fluide électrique. Il est, suivant toutes les analogies, le même que le fluide galvanique.

4. Le fluide magnétique.

5. Le fluide nébuleux.

6. Le fluide éthéré, ou gravifique. Peut-être est-ce le fluide électrique.

---

(1) Voir mon Mémoire sur les *cristallisations géologiques*. Journal de Physique, tom. 71, pag 172.

7. L'air pur, ou gaz oxigène.
8. L'air inflammable, ou gaz hydrogène.
9. L'air impur, ou gaz azote, ou nitrogène.
10. Le carbone.
11. Le soufre.
12. Le phosphore.
13. L'iode.
14. Le platine.
15. Le palladium.
16. Le rhodium.
17. L'osmium.
18. L'iridium.
19. L'or.
20. L'argent.
21. Le mercure.
22. Le cuivre.
23. Le fer.
24. Le plomb.
25. L'étain.
26. Le zinc.
27. L'antimoine.
28. Le bismuth.
29. L'arsenic.
30. Le cobalt.
31. Le nickel.
32. Le manganèse.
33. Le tungstone.
34. Le molybdène.
35. L'urane.
36. Le titane.
37. Le chrome.
38. Le tellure.

39. Le tantale.
40. Le cerium.
41. La silice.
42. L'alumine.
43. La magnésie.
44. La chaux.
45. La baryte.
46. La strontiane.
47. La zircone.
48. La glucine.
49. La gadoline.
50. La potasse.
51. La soude.
52. Le chlore, ou base de l'acide muriatique.
53. La fluorine, base de l'acide fluorique.
54. Le boracium. base de l'acide boracique.

Chacune de ces substances peut-elle être regardée comme un être simple?

Ou peut-on la considérer comme composée?

On sait que les opinions à cet égard sont partagées.

Mais il paraît certain qu'elles sont formées de première parties de la matière, qui sont par conséquent beaucoup plus subtiles.

Peut-être le charbon, le soufre, le phosphore, l'iode, les substances métalliques, les substances terreuses, les alkalis, le chlore, la fluorine, le boraeium sont-ils formées de fluides éthérés, et de gaz.

J'ai fait voir, dans différens mémoires, et particulièrement dans le Journal de Physique, tome 78, page 108, et tome 80, que, suivant les analogies, ces diverses substances étaient produites journellement dans ces végétaux, les animaux, les miné-

raux.... comme les principes dits immédiats des animaux, des végétaux, la fibrine, l'albumine, la gélatine....

La chose ne paraît pas douteuse pour la formation de l'iode, qui ne se trouve ni dans les eaux des mers, ni dans les terres, ni dans l'air atmosphérique (*Journal de Physique*, tom 80, p.).

La production de l'*ammonium*, en exposant à l'action de la pile voltaïque du mercure avec de l'ammoniac, peut donner des vues sur la production nouvelle de ces diverses substances; car, l'ammoniac paraît composé d'hydrogène, d'azote...., ces gaz concourent donc à la formation de l'ammonium; ils peuvent donc également concourir à la formation des autres substances métalliques, des terres, des alkalis.

Il serait intéressant de savoir dans quel état de fluidité se trouvaient ces élémens à l'instant de leur formation.

On ne peut guère douter que les six fluides éthérés, et les trois gaz ne fussent à cet instant, comme aujourd'hui, à l'état aériforme.

Mais nous ignorons dans quel état se trouvaient le soufre, le phosphore, le carbone, les substances métalliques, les autres bases des acides, les terres, les alkalis; ils n'auraient pu être à l'état aériforme que par un degré de chaleur plus ou moins considérable.

On ne peut concevoir les combinaisons premières de la matière, qu'autant que chacune de ses parties avait un mouvement propre, qui les portait les unes vers les autres pour s'unir et s'agréger. Ces agrégats ont formé les 54 substances dont nous venons de parler.

Chacune de ces 54 substances avait également une *force propre*, par laquelle elle s'unissait, et se combinait suivant les circonstantes.

Ces substances se formaient successivement en molécules extrêmement tenues, dont chacune ne contenait qu'une partie

du nouveau composé. Ces molécules qu'on peut appeler à l'**ÉTAT NAISSANT**, se combinaient promptement, ou entre elles, et formaient des masses du même composé, ou avec d'autres, et formaient de nouveaux composés.

Tous ces nouveaux composés formaient vraisemblablement des corps concrets et non liquides.

On peut donc supposer que :

1°. Les premières parties de matières, avant leurs combinaisons, formaient une espèce de *fluide* aériforme, dont les molécules étaient d'une ténuité que nous ne saurions concevoir : peut-être était-ce la matière nébuleuse, ou l'*akasch*.

2°. Ces molécules premières de matières se combinèrent, et formèrent différentes substances.

3°. Les six fluides éthérés, dont la fluidité est très-grande.

4°. Les trois gaz : l'oxigène, l'hydrogène, et l'azote.

5°. Quant aux autres substances dites *élémentaires*, le charbon, le soufre, le phosphore, les métaux, les alkalis, les terres, les.... il est possible qu'elles aient été formées comme les neuf fluides dont nous venons de parler, par les combinaisons des premières parties de matières.

6°. Mais il me paraît plus probable qu'elles l'ont été par les combinaisons de ces neuf fluides. Les expériences qui, par l'action de la pile voltaïque font passer l'ammoniac composé d'hydrogène, d'azote.... à l'état de substance métallique, donnent beaucoup de poids à cette opinion.

7°. Il faut concevoir que toutes ces substances, qui ont formé le globe, étaient réunies vers un centre commun d'attraction, et avaient déjà un mouvement de rotation sur un axe, en 23 h. 56′ 4″, pour que le globe put acquérir la figure sphéroïdale, à mesure que les combinaisons se formaient, et passaient à l'état concret.

8°. Toutes ces combinaisons se sont opérées successivement,

et le globe n'a été formé, et n'a acquis sa consistance et son volume, que dans un tems plus ou moins long.

Les substances minérales ont trois modes particuliers de cristalliser.

a. Les métaux purs *réduits en fusion*, peuvent cristalliser en se refroidissant, ainsi que le soufre, le phosphore, le carbone, l'iode....

b. Ces corps se combinent avec l'oxigène, et forment des oxides qui cristallisent également comme l'oxide d'étain....

c. Ces mêmes corps peuvent aussi se combiner avec des acides, et forment des sels neutres.

Mais examinons, d'après les *faits connus*, la manière dont la cristallisation des substances qui composent le globe terrestre a pu s'opérer.

Les cinquante-quatre substances, dont nous venons de parler, étant formées d'une manière quelconque, se sont combinées pour former le globe terrestre. Cette combinaison n'a pu avoir lieu, qu'autant qu'elles étaient libres d'obéir aux loix des affinités. Nous connaissons quelques faits auxquels on n'a peut-être pas donné assez d'attention, qui peuvent jeter beaucoup de jour sur cette question.

Les corps sont beaucoup plus susceptibles de se combiner, lorsqu'ils sont réduits en petites molécules, pour ainsi dire ÉLÉMENTAIRES, *que lorsqu'ils sont en masses plus considérables.*

Cette vérité n'a pas échappé à la sagacité de Priestley, lorsqu'il a parlé des gaz; ils se combinent, dit-il, avec une grande facilité, lorsqu'ils sont à l'ÉTAT NAISSANT, c'est-à-dire au premier moment de leur dégagement, lorsqu'ils sont réduits à de très-petites molécules, à leurs molécules élémentaires.

Cette opinion de Priestley est confirmée par un grand nombre de faits, et elle est admise presque généralement.

1°. On suppose aujourd'hui que l'hydrogène à l'*état naissant*,

même à une température très-basse, rencontrant de l'oxigène, il y a dégagement ou production d'eau.

Mais ce dégagement d'eau n'a pas lieu en mêlangeant seulement ces deux gazs, lorsqu'il y a quelque tems qu'ils sont formés, à moins que la température ne soit assez élevée pour produire combustion.

2°. L'hydrogène et l'azote se rencontrant au moment de leur *état naissant*, forment de l'ammoniac, comme on le voit dans plusieurs occasions.

a. De la limaille de fer exposée sur du gaz nitreux, il y a production d'ammoniac; l'hydrogène dégagé de la limaille se combine au moment de son *état naissant*, avec l'azote du gaz nitreux.

b. L'hydrogène et l'azote, qui se dégagent des matières animales en putréfaction, ou chauffées à une haute température, se combinent à leur *état naissant*, et forment de l'ammoniac.

Mais l'hydrogène et l'azote pris séparément, et mêlangés quelque tems après leur formation, ne produisent point d'ammoniac.

3°. L'hydrogène et le carbone se rencontrant au moment de leur *état naissant*, se combinent et forment de l'huile.

a. Lorsqu'on dissout la fonte de fer dans l'acide muriatique, ou l'acide sulfurique, il y a constamment production d'huile, dit Proust (*Journal de Physique*, tome 49, page 155). C'est que l'hydrogène, dans l'*état naissant*, se combine avec une portion de charbon de la fonte également à l'*état naissant*.

Mais le charbon et l'hydrogène, mêlangés long-tems après leur formation, ne produisent point d'huile.

4°. Le charbon qui, dans son *état naissant*, rencontre de l'oxigène, forme de l'acide carbonique. C'est ce qu'on voit dans la respiration des animaux...

Mais le charbon formé, et mêlangé avec l'oxigène, ne forme

d'acide carbonique qu'à la température de la chaleur rouge, lorsqu'il y a combustion.

5°. Le charbon et le fer, dans les fontes de fer en grand, sont volatilisés, et produisent du carbure de fer, ou plombagine, parce que leurs molécules, réduites à leur état élémentaire ou *naissant*, se combinent facilement.

Cette combinaison n'a pas lieu dans d'autres circonstances.

6°. Le gaz hydrogène sulfuré laisse dégager du soufre qui, se combinant à son *état naissant* avec l'oxygène, forme de l'acide sulfureux, lequel, en absorbant une plus grande quantité d'oxygène, passe à l'état d'acide sulfurique.

Le soufre en masse ne se combine avec l'oxygène, pour former l'acide sulfureux, qu'à une haute température, celle de la combustion.

7°. Le phosphore présente les mêmes phénomènes. Lorsqu'il se dégage du gaz hydrogène phosphuré, il se combine à son *état naissant* avec l'oxygène, et forme de l'acide phosphorique.

8°. Les molécules des métaux, à leur *état naissant*, peuvent aussi se combiner avec l'oxigène, et former des oxides et des acides.

9°. Les molécules des métaux, à leur *état naissant*, peuvent aussi se combiner avec l'hydrogène, et forment des gaz particuliers.

a. L'arsenic chauffé avec l'hydrogène se combine avec lui, et forme un gaz *hydrogène arseniuré*, lequel contient une quantité considérable d'arsenic métallique (à peu près un huitième, suivant Stomeyer, *Journal de Physique*, tome 68, page 147).

Cependant l'arsenic réduit en limaille la plus fine, et exposé sur du gaz hydrogène, ne s'y combine point.

b. Le zinc, le fer... peuvent également se combiner avec l'hydrogène, et forment des gaz hydrogènes particuliers.

10°. La silice mêlangée avec la potasse, ou la soude, et ex-

posée à une haute température, en est dissoute, et forme du verre. Lorsque l'alkali domine, c'est-à-dire, qu'il y en a deux ou trois parties contre une de silice, le verre devient déliquescent (c'est la liqueur des cailloux). En versant dans cette liquenr un acide, il se combine avec l'alkali, et la silice est précipitée. Mais si on ajoute un excès d'acide, il se combine aussitôt avec cette silice précipitée à l'*état naissant*, et elle est dissoute par cet acide.

Cette dissolution n'a pas lieu si on n'ajoute cet excès d'acide que quelques instans après que la silice a été précipitée. Elle se réunit alors au fond du vase, et se présente sous forme d'une poussière terreuse, âpre au toucher : ce qui fait présumer que ses molécules ont déjà contracté entre elles une adhérence telle, qu'elles deviennent insolubles dans les acides.

L'alumine offre à peu près les mêmes phénomènes. Si dans le moment qu'on la précipite de l'alun par un alkali, on ajoute un excès d'acide, l'alumine est dissoute par cet acide, parce qu'elle se trouve à son *état naissant*.

Mais si on laisse reposer quelque tems cette alumine précipitée de l'alun, elle sera attaquée beaucoup plus difficilement par les acides.

La FUSION *des corps par la chaleur* produit des phénomènes analogues à ceux que nous venons d'exposer ; leurs molécules sont, par l'action du calorique, séparées les unes des autres, et réduites comme à l'*état naissant*. La masse devient liquide, et chaque molécule, à son *état naissant*, se réunit à d'autres molécules dans le même état : elles forment des masses qui cristallisent, ou sous forme régulière, ou sous forme confuse.

On ne peut concevoir la fusion d'une substance métallique, d'une substance sulfureuse, par exemple, qu'autant que l'action du calorique en sépare les molécules. Autrement, ce ne serait

qu'une masse frittée, qui ne fonderait pas, et ne cristalliserait pas.

Les terres, ou prises séparément, ou unies plusieurs ensemble, peuvent également être soumises à l'action du feu ; si la chaleur n'est pas assez considérable, on n'aura qu'une espèce de fritte qui ne s'agglutine pas. Mais si la chaleur a plus d'intensité, il y a fusion. Les molécules de ces substances sont séparées, et réduites à l'*état naissant*, elles se combinent et cristallisent. C'est ainsi que sont formées les pierres volcaniques qui ont été réduites en fusion, et le verre qui a cristallisé.

La SUBLIMATION *des corps par la chaleur* opère encore les mêmes effets par la même cause. Les molécules sublimées sont séparées les unes des autres par l'activité du calorique : elles se trouvent comme à leur *état naissant*. Alors, elles s'unisent, se combinent et cristallisent.

Les molécules de soufre, sublimées, cristallisent sous forme de fleur de soufre.

Les molécules de phosphore, également sublimées, cristallisent.

L'or, l'argent, sont sublimés au foyer du miroir ardent, et cristallisent.

Les sulfures de mercure, d'arsenic... sont également sublimées, et cristallisent.

Quelques terres, telle que la silice... peuvent être également sublimées, et cristalliser. Vauquelin a fait voir (1) que la silice ainsi sublimée cristallise en filets capillaires.

Quelques substances minérales sont produites par sublimation dans les volcans, telles que la rubine d'arsenic, le fer spéculaire volcanique....

Il serait inutile de multiplier les exemples pour prouver une vérité qu'on ne saurait plus révoquer en doute. Des substances

(1) *Annales du Muséum*, 7e. année, cahier 74, pag 239.

qui ne sauraient se combiner à leur état ordinaire, se combinent facilement, lorsque leurs molécules sont réduites à l'*état naissant* par quelque cause que ce soit.

Mais ne pourrait-on pas supposer que plusieurs combinaisons primitives des parties premières de matières, n'ont pas produit ces substances dites élémentaires dans leur état de pureté, mais les ont produit déjà combinées entr'elles : ainsi, au lieu de produire du carbone pur, elles l'auront produit combiné, par exemple, avec l'oxigène sous forme d'acide carbonique : le soufre, le phosphore, le bore, les métaux..... Au lieu d'avoir été produits purs, l'auraient été également combinés, par exemple, avec l'oxigène sous forme d'acides sulfurique, phosphorique, boracique, métallique....

La chose, sans doute, a été très-possible. Mais pour suivre la filiation des idées, il vaut mieux supposer que ces combinaisons ne se sont opérées que postérieurement, et que, dans le principe, il n'a été formé que ce qu'on nomme les substances *simples*. Leurs molécules étaient à l'état élémentaire, c'est-à-dire, que chaque molécule particulière ne contenait qu'une partie unique de la substance simple. Une partie de soufre ne contenait qu'une molécule de soufre, une partie de charbon ne contenait qu'une molécule de charbon.... Mais suivons l'ordre de ces combinaisons.

Chacune des molécules de ces diverses substances élémentaires, rencontrant des molécules de substances semblables à leur *état naissant*, se combinèrent ensemble et formèrent des masses de substances homogènes : des molécules de soufre, par exemple, rencontrant d'autres molécules de soufre, s'unirent ensemble et formèrent des masses de soufre, c'est ce qu'on observe à la solfatare et dans la plupart des volcans : le soufre y est volatilisé par la chaleur en petites molécules, et on les voit se réunir et cristalliser sous ses yeux dans les fentes des

fumaroles ; et former des masses plus ou moins considérables.

Les substances métalliques sont volatilisées de la même manière, et forment souvent des masses cristallisées.

Le fer volcanique spéculaire est sublimé par les feux souterrains, et cristallise très régulièrement en cristaux assez gros.

L'or, l'argent..... exposés au foyer du miroir ardent, sont sublimés.

La silice peut être également sublimée.

Chacune des molécules de ces substances élémentaires peut également se combiner avec des molécules d'autres substances, qui ont de l'affinité avec elles ; il en résultait de nouveaux composés.

Des molécules de soufre, par exemple, à leur *état naissant*, rencontrant des molécules d'oxigène, s'y combinaient et formaient des oxides de soufre, ou des acides soit sulfureux, soit sulfuriques.

Ces mêmes molécules de soufre, à leur *état naissant*, rencontrant des molécules de potasse, de soude, de baryte, de strontiane, de chaux, d'arsenic, de mercure... également à l'*état naissant*, se combinèrent avec elles et formèrent différentes sulfures alkalins, terreux, métalliques.....

On en doit dire autant du phosphore, du charbon.... si leurs molécules, à l'*état naissant*, rencontrent de l'oxigène, des alkalis, des terres, des métaux...., elles s'y combinent également, et forment des acides, des phosphures, des carbures....

Ces diverses combinaisons primitives et cristallisations, s'opéraient primitivement dans des espaces que nous appelons improprement *vides*, parce qu'il n'y avait que les premiers élémens de matières ; mais il n'y avait ni air, ni eau, puisque ces deux dernières substances n'existaient pas, ou n'étaient qu'en très-petite quantité : des faits certains nous prouvent

qu'effectivement ces combinaisons peuvent avoir lieu dans des espaces où il n'y a que des fluides très-raréfiés ; car, lorsqu'on fait sublimer, par exemple, l'acide boracique, l'ammoniac, le cinabre...., on est obligé de chauffer les vases assez fortement, ils ne contiennent donc plus que des fluides extrêmement raréfiés.

Ces combinaisons et cristallisations peuvent également avoir lieu dans l'air atmosphérique : du gaz ammoniacal, par exemple, répandu dans l'air, rencontrant du gaz acide muriatique, se combine avec lui sous forme de nuage blanc, et cristallise.

Enfin, ces mêmes combinaisons et cristallisations s'opèrent encore, lorsque ces molécules sont tenues à l'*état naissant* dans l'eau, ou tout autre liquide qui leur laisse la liberté d'agir et d'obéir aux lois des affinités.

La baryte et la strontiane présentent des exemples bien frappans de la cristallisation des substances dites *simples*, dans l'eau : chacune de ces terres étant à l'état de pureté, et leur molécules à l'*état naissant*, mises dans un flacon plein d'eau bouillante, et bien fermé, se réunissent, se combinent par le refroidissement ; il se forme des cristaux de ces terres, au fond du vase.

Les alkalis fixes, la potasse et la soude, si solubles dans l'eau, n'y peuvent cristalliser, parce qu'ils ont une trop grande affinité avec elle ; mais si on ajoute de l'alkool dans cette dissolution, la cristallisation s'opère ; parce que l'eau, ayant plus d'affinité avec l'alkool qu'avec les alkalis, abandonne ceux-ci, et laisse la faculté de cristalliser à leurs molécules qui se trouvent à l'*état naissant*.

La silice est soluble en partie dans l'eau ; car, dans le verre déliquescent elle y fait une gelée transparente : un acide la dissout dans cet instant, mais quelques momens après elle ne peut plus s'y dissoudre.

Il est donc probable que cette terre, à son *état naissant*, n'a

pas assez d'affinité avec l'eau pour pouvoir s'y dissoudre entièrement ; ses molécules, à cet état, sont solubles par les acides dans les premiers instans : mais aussitôt elles se combinent en partie et cessent d'être à leur *état naissant*, ce qui les empêche de pouvoir être attaquées par les acides.

Il en faut dire autant de l'alumine précipitée par un alkali d'une disssolution d'alun étendue d'eau : on voit l'alumine y nager comme une substance floccueuse et demi-transparente ; si on fait évaporer cette eau, on obtient l'alumine desséchée et conservant sa demi-transparence ; elle est attaquée avec force par les acides, dans les premiers momens ; mais quelques tems après elle l'est avec beaucoup plus de difficulté : c'est que ses molécules sont réduites à l'*état naissant* dans les premiers momens.

La glutine et la zircone présentent à peu près les mêmes phénomènes que l'alumine.

La gadoline n'est pas assez connue.

La chaux et la magnésie se dissolvent entièrement dans l'eau ; mais on n'a pu les y faire cristalliser, sans doute parce qu'ainsi que les alkalis, elles ont trop d'affinité avec elle. On y pourra parvenir soit par l'alkool, soit par tout autre moyen analogue.

Les substances métalliques peuvent aussi, dans certaines circonstances, cristalliser dans l'eau.

Huit parties de bismuth, cinq de plomb et trois d'étain, font un alliage, découvert par Darcet. Il fond, et reste liquide à la température de l'eau bouillante : c'est-à-dire que cet alliage, formé par la fusion et mis dans l'eau bouillante, fond et coule au fond du vase (1) : il y cristallise par un refroidissement lent. Or nous avons vu que les métaux fondus ne peuvent cristalliser

---

(1) *Système des Connaissances chimiques*, tom. 6, pag. 83.

en se refroidissant, que parce que leurs molécules, réduites à leur *état naissant* par la fusion, peuvent se rapprocher et se combiner.

Le phosphore cristallise également dans l'eau bouillante.

Le soufre à l'état fluide, mis dans l'eau, n'a pas encore été amené à cristalliser. « Mais le soufre qui a été chauffé à un certain » degré, devient épais, comme sirupeux, et conserve, après » avoir été coulé dans l'eau froide, une mollesse qui le rend » précieux pour les empreintes de cachet (1). »

Tous ces faits prouvent qu'il suffit, pour que les diverses substances dites élémentaires cristallisent dans l'eau, ainsi que dans l'air ou dans le vide, que leurs molécules soient réduites à l'ÉTAT NAISSANT, de manière qu'elles jouissent d'une assez grande liberté pour obéir aux lois des affinités.

Ces principes bien constatés, nous allons examiner la manière dont on peut supposer que les substances dites *élémentaires* se sont combinées, soit dans le vide, soit dans l'air, soit dans l'eau, pour former notre globe. Il ne faut pas oublier que ces combinaisons se sont opérées à différentes époques, et que la masse entière du globe ne s'est formée et consolidée que successivement. Elle n'a acquis son volume et sa consistance que dans un espace de tems assez long, dont nous ignorons la durée.

Dans le principe, ces combinaisons se sont opérées dans une espèce de vide, et ensuite dans l'air, et ont formé la presque totalité de la masse du globe, par une cristallisation de substances à l'état aériforme. Postérieurement elles ont eu lieu dans l'eau. C'est dans leur sein que paraissent s'être formés les terrains primitifs de la *croûte* du globe et les terrains secondaires, par

---

(1) *Système des Connaisances chimiques*, tom. 1, pag. 198.

une cristallisation aqueuse, c'est-à-dire, des substances tenues en dissolution dans l'eau.

Des couches minerales déposées dans le sein des eaux, peuvent y avoir été formées de diverses manières.

1°. Les unes ont éprouvé une dissolution, et ont cristallisé plus ou moins régulièrement. Elles ont formé des masses compactes : telles sont les couches de marbre cristallin, les gypses...

2°. Les secondes ont cristallisé d'une manière grenue, comme la craie.

3°. Les autres couches n'ont point éprouvé de dissolution, mais une simple suspension. Les environs de Paris présentent deux couches très-régulières d'argile, qui n'ont pas été dans un état de dissolution. La première est située au-dessus de la craie, et se trouve mêlangée avec des sables. On y trouve quelques cristaux réguliers de selenite, et du bois passant à l'état du jayet.

La seconde couche d'argile est au-dessus des plâtres. Elle contient aussi des cristaux réguliers de selenite, et des masses en rognons de strontiane sulfatée.

Ces couches argileuses n'ont été que suspendues dans les eaux; mais leur état permettait à la selenite et au sulfate de strontiane de cristalliser.

Il y a également aux environs de Paris des couches de sable très-régulières, comme à Ménil-Montant et ailleurs : elles contiennent beaucoup de coquilles marines. Ces sables n'ont été tenus dans les eaux de la mer que dans un état de suspension, et n'ont point été dans un état de dissolution.

De pareils phénomènes se présentent sur toute la surface du globe; et il n'est pas douteux qu'un grand nombre de ces couches n'ait été tenu dans les eaux que dans un état de suspension.

DES COMBINAISONS DES FLUIDES ÉTHÉRÉS.

Les divers fluides éthérés, le feu ou calorique, le fluide lumineux, le fluide électrique ou galvanique, le fluide magnétique, le fluide nébuleux... étaient primitivement, *in principio rerum*, à l'état élastique. Une partie s'est vraisemblablement combinée pour former les substances dont le globe terrestre est composé.

Tous les physiciens conviennent que le feu ou le calorique se combine dans les différens corps.

Plusieurs faits paraissent ne laisser aucun doute que le fluide lumineux n'entre dans un certain nombre de combinaisons. Le gaz phosgène du John Davy le prouve.

Les expériences sur la décomposition des corps, par le moyen de la pile voltaïque, prouvent que le fluide électrique ou galvanique devient un des principes de ces corps, et qu'il s'y combine.

Le fluide magnétique paraît, suivant les analogies, devoir se trouver dans plusieurs corps, particulièrement dans le fer.

Il est probable que le fluide nébuleux se trouve dans les corps phosphorescens...

Ce sont les combinaisons de ces fluides, qui rendent aujourd'hui l'étude de la physique, et les analyses chimiques si difficiles, parce que l'art n'a aucun moyen de saisir ces fluides.

DES COMBINAISONS DE L'OXIGÈNE, DE L'HYDROGÈNE, ET DE L'AZOTE.

Ces trois gaz entrent ou séparément, ou ensemble, dans un grand nombre de combinaisons.

L'oxigène se trouve dans la plupart des acides, dans les alkalis, dans les oxides métalliques, dans les terres....

L'oxigène et l'azote, combinés par le moyen de l'étincelle électrique, entrent dans l'acide nitrique.

L'hydrogène et l'azote entrent dans l'ammoniac.

. . . .

Ces différens gaz se réunirent en masses à mesure qu'ils se formaient, et formèrent l'atmosphère.

Tous les autres corps, le soufre, le phosphore, le charbon, les métaux, les alkalis, les terres... ont été formés, ou *primitivement* par les combinaisons premières des parties élémentaires de la matière, ou *secondairement* par les combinaisons des fluides éthérés et des fluides gazeux. Les expériences de Berzelius, qui pense que l'ammoniac composé d'hydrogène et d'azote ou nitrogène, peut se convertir en *ammonium*, ou substance métallique, donne beaucoup de poids à cette dernière opinion.

DES COMBINAISONS DE L'OXIGÈNE ET DE L'HYDROGÈNE, ET DE LA PRODUCTION DE L'EAU.

L'oxygène et l'hydrogène, se rencontrant à l'*état naissant* (*in principio rerum*), ont produit l'eau (soit qu'il y eût véritable formation, soit qu'il n'y eût que dégagement).

Mais cette eau ne fut, comme les autres élémens, produite que successivement et peu à peu. La grande légèreté de l'hydrogène relativement à l'oxigène, rendait difficile leur rencontre, et par conséquent leur combinaison.

Les premières portions d'eau demeurèrent suspendues dans l'atmosphère; et ce ne fut que lorsque l'air atmosphérique ne put plus les soutenir, qu'il s'en précipita une partie vers le noyau principal, où s'accumulaient toutes les parties solides qui se formaient.

Enfin, la formation de l'eau augmentant, elle se réunit en

masse autour du principal noyau d'attraction, qui attirait à un centre unique les substances élémentaires, et leurs combinaisons qui formaient le globe. Elle enveloppa toutes ces substances, et enfin couvrit, à des époques postérieures, toute la surface du globe, sous le nom de mer, ou d'Océan.

La lenteur des combinaisons de l'oxygène et de l'hydrogène doit faire présumer que les eaux ne furent assez abondantes pour prendre le nom de mer, que lorsque la plus grande partie des autres combinaisons fut achevée, et eût formé la presque totalité de la masse du globe.

On peut donc supposer que la plus grande partie de ces combinaisons primitives s'opéra dans le vide, c'est-à-dire, dans des espaces où il n'y avait que les premiers élémens de la matière, et ensuite dans l'air atmosphérique, et qu'un très-petit nombre des substances des terrains primitifs a été opéré dans l'eau, à des époques très-postérieures.

Nous allons faire l'exposé de la manière dont paraissent s'être opérées ces combinaisons.

DE LA COMPOSITION ET DE LA CRISTALLISATION DES SUBSTANCES MINÉRALES, DONT SONT FORMÉS LES TERRAINS PRIMITIFS.

Les substances minérales dont sont formés les terrains primitifs, ont été composées, *in principio rerum*, par la combinaison des parties premières de matière, ou par celles des fluides éthérés ou gazeux. Ces combinaisons se sont opérées successivement et à diverses époques. Nous allons exposer sommairement les notions que nous avons de ces combinaisons, d'après l'état actuel de la science.

DE LA COMPOSITION ET DE LA CRISTALLISATION DU SOUFRE DES TERRAINS PRIMITIFS.

Les molécules du soufre, formées, *in principio rerum*, soit par la combinaison des premières parties de matière, soit par celle des fluides éthérés et gazeux, se sont réunies à leur *état naissant* pas les lois des affinités, et ont formé des masses plus ou moins considérables de cette substance.

Cette réunion, qui s'était d'abord opérée dans un espace sans air, a eu lieu également dans l'air atmosphérique, après sa formation : elle y a produit les mêmes phénomènes ; savoir des masses plus ou moins considérables de soufre, comme on le voit à la solfatare et ailleurs.

Mais il est arrivé souvent que des molécules élémentaires de soufre, à l'*état naissant*, ont rencontré des molécules d'autres substances également à l'*état naissant*, avec lesquelles elles avaient de l'affinité ; elles se sont alors combinées ensemble.

a. Des molécules de soufre, à leur *état naissant*, ayant rencontré, par exemple, des molécules d'oxygène, se seront combinées avec elles, et il y eut production d'oxide sulfureux, ou d'acides, soit sulfureux, soit sulfurique.

Ces acides rencontrant des substances terreuses, ou métalliques, produisirent des sulfites, ou des sulfates terreux ou métalliques. On trouve un grand nombre de ces sels dans les terrains primitifs.

b. Des molécules de soufre à l'*état naissant*, rencontrant également à l'*état naissant* des molécules d'autres substances, avec lesquelles elles ont de l'affinité, se combinèrent avec elles, et formèrent des sulfures :

Avec les alkalis des sulfures alkalins ;

Avec les terres des sulfures terreux ;

Avec les substances métalliques, des sulfures métalliques, tels que ceux d'argent, de cuivre, de fer, de plomb, de zinc, d'antimoine....

Avec le charbon, des sulfures charbonneux, tel est celui que Klaproth a trouvé dans un schiste bitumineux de Frienvald.

Mais le soufre et ses combinaisons ont pu être également produits dans le sein des eaux, à mesure qu'elles se sont accumulées à la surface du globe; car on trouve, dans les terrains primitifs, de la croûte du globe formée dans les eaux, différentes sulfures, et même du soufre en nature comme à Moutiers. Recherchons comment se sont opérés ces phénomènes.

Je pense que les parties premières de matière, ou les molécules des fluides éthérés et des gazs, qui, dans les commencemens se sont combinées, soit dans le vide, soit dans l'air, pour former le soufre, peuvent également se combiner dans l'eau; car, ces parties sont si subtiles, qu'elles pénètrent l'eau avec la plus grande facilité: rien ne saurait donc empêcher que leurs combinaisons s'y opèrent.

Mais ce soufre, qui se trouve dans les terrains primitifs de la croûte du globe formés dans les eaux, quelque soit son origine, a été tenu en suspension, ou en solution, par ces eaux, pour y cristalliser, et se combiner. Ses molécules, à l'*état naissant*, étaient charriées par les eaux, se rapprochaient comme dans l'air, se combinaient et cristallisaient.

Dans quelques autres circonstances, elles ont pu être tenues dans les eaux sous forme de sulfures, ou de gaz hydrogène sulfuré.

Il se forme journellement du soufre dans des marais fangeux couverts d'eaux croupissantes, dans les cloaques... il y cristallise.

Chez les végétaux et chez les animaux, il y a également production de soufre.

DE LA FORMATION ET DE LA CRISTALLISATION DU PHOSPHORE DES TERRAINS PRIMITIFS.

On n'a pas encore trouvé le phosphore pur dans le règne minéral; cependant il pourrait y être à l'état de combinaison; mais l'acide phosphorique existe dans les terrains primitifs, dans l'appatit, par exemple, dans les métaux phosphatés.... ce qui prouve qu'il y a eu production de phosphore dans ces terrains.

Le phosphore a donc été formé primitivement comme les autres substances élémentaires, soit par la combinaison des parties premières de matière, soit par celle des fluides éthérés et gazeux; sa formation s'est opérée successivement, et à différentes époques.

Ses molécules, à l'*état naissant*, se rencontrant entre elles, se sont unies, et ont formé d'abord dans le vide, et ensuite dans l'air, des masses plus ou moins considérables de phosphore.

Ces mêmes molécules, à leur *état naissant*, rencontrant des molécules d'autres substances avec lesquelles elles ont de l'affinité, également à l'*état naissant*, s'y sont combinées, et ont donné de nouveaux composés.

a. Avec l'hydrogène, elles ont formé le gaz hydrogène phosphuré.

b. Avec l'oxigène, elles ont formé l'acide phosphorique.

c. Avec les alkalis, les terres, les métaux, elles ont formé des phosphures.

d. L'acide phosphorique rencontrant des substances avec lesquelles il a de l'affinité, a formé des phosphates alkalins, ou terreux, tels que les appatits, ou métalliques, tels que les phosphates de plomb, de fer....

Le phosphore que nous pouvons supposer avoir été primitivement produit dans le vide, ensuite dans l'air, a pu également être formé dans l'eau comme le soufre; lorsque dans la distillation du phosphore on le fait passer dans l'eau chaude, et qu'on le laisse refroidir lentement, on le trouve cristallisé en octaëdre. Cette cristallisation suppose que ses molécules, à l'*état naissant*, ont pu obéir aux lois des affinités dans l'eau.

DE LA FORMATION ET DE LA CRISTALLISATION DU CHARBON, OU ANTRACITE DES TERRAINS PRIMITIFS.

Le charbon ou entracite, a été formé primitivement, *in principio rerum*, comme les autres substances élémentaires, soit par la combinaison des parties premières de matière, soit par celle des fluides éthérés et gazeux. Sa quantité a dû être très-considérable, comme on en peut juger par la quantité prodigieuse d'acide carbonique, qui existe dans ces terrains.

Ses molécules élémentaires se rencontrant à leur *état naissant*, se sont combinées entre elles, soit dans le vide, soit dans l'air, et ont formé des masses d'antracite, comme les molécules de soufre réunies ont formé des masses de soufre.

Ces mêmes molécules, à leur *état naissant*, rencontrant, à l'*état naissant*, des molécules d'autres substances, avec lesquelles elles ont de l'affinité, se sont combinées avec elles, soit dans le vide, soit dans l'air, ce qui a donné de nouveaux composés.

a. Ainsi, les molécules de charbon, à leur *état naissant*, rencontrant de l'oxigène, ont formé de l'acide carbonique si abondant dans les terrains primitifs.

Cependant la chimie ne peut produire l'acide carbonique, qu'en combinant à la chaleur rouge le charbon avec l'oxigène.

Mais l'acide carbonique est produit journellement à une

chaleur bien inférieure, et même souvent à une température très-basse ; car, l'oxigène inspiré par les animaux, est converti en acide carbonique : et cependant la température la plus élevée du corps des animaux, qui est celle des oiseaux, ne va pas à 40° ; elle est bien inférieure dans les autres espèces, particulièrement dans celle qu'on appelle à *sang froid*.

On doit donc supposer, que cette combinaison n'a lieu que parce que le charbon qui se dégage principalement du sang noir de la veine pulmonaire, et qui traverse la membrane des bronches, est alors dans un état de division prodigieuse, comme à son *état naissant*, et il se combine facilement avec l'oxigène.

b. Les molécules de charbon, à l'*état naissant*, ayant rencontré de l'hydrogène, ont formé du gaz hydrogène carburé.

c. Les molécules de charbon dans un grand état de division, comme à leur *état naissant*, peuvent se combiner avec les métaux, et former du carbure de fer, ou plombagine, comme on le voit dans les fontes de fer en grand.

d. Les molécules de charbon, dans un grand état de division, peuvent se combiner avec le fer d'une autre manière. Pour convertir le fer en acier, on met dans une petite caisse des barreaux de fer doux avec des substances animales, et on expose la caisse à un certain degré de chaleur ; les matières animales sont converties en charbon ; ses molécules, à l'*état naissant*, pénétrent les barreaux de fer incandescens, se combinent avec le fer et le convertissent en acier.

e. Le charbon peut encore se combiner avec le soufre, et former un sulfure charbonneux.

Le charbon et ses combinaisons ont pu être également produits dans le sein des eaux, à mesure qu'elles se sont accumulées à la surface du globe ; car, les parties qui dans les commencemens se sont combinées, soit dans le vide, soit dans l'air, pour former le charbon, peuvent également se combiner dans

l'eau; ces combinaisons se seront opérées comme celles du soufre et du phosphore.

DE LA FORMATION ET DE LA CRISTALLISATION DES SUBSTANCES MÉTALLIQUES DES TERRAINS PRIMITIFS.

Ces substances ont été formées primitivement *in principio rerum*, comme les autres substances élémentaires, par la combinaison des parties premières de la matière, ou celles des fluides éthérés et gazeux. Ces combinaisons se sont opérées successivement et à diverses époques.

Les molécules métalliques, *à leur état naissant*, étaient susceptibles de se combiner entr'elles comme celles du soufre, du phosphore, de l'antracite... dans le vide et dans l'air.

a. Des molécules d'or sublimées par la chaleur du miroir ardent, et réduites *à l'état naissant*, rencontrant d'autres molécules d'or, se réunissent et forment des masses d'or natif.

L'argent offre les mêmes phénomènes.

Le fer spéculaire volcanique, sublimé par la chaleur des volcans, forme des cristaux d'un assez gros volume; ses molécules sont réduites à l'*état naissant* par l'activité de la chaleur, se combinent et cristallisent.

Toutes ces cristallisations s'opèrent dans un air très-raréfié; les molécules de ces métaux réduits à leur *état naissant*, peuvent obéir aux lois des affinités.

Les métaux peuvent également cristalliser dans l'eau, comme nous l'avons vu dans l'alliage de Darcet.

Je pense donc, que les métaux ont pu être formés dans le sein des eaux, à mesure qu'elles se sont accumulées, comme elles l'ont été primitivement dans le vide et dans l'air; plu-

sieurs faits paraissent même prouver qu'il s'en forme encore journellement, principalement chez les végétaux et les animaux; l'analyse en retire d'assez grandes quantités de fer, de manganèse.

DE LA FORMATION ET DE LA CRISTALLISATION DES MÉTAUX NATIFS.

Les métaux ont été formés à l'état natif; il est donc vraisemblable qu'il en existe une grande partie sous cet état, dans l'intérieur du globe.

Les phénomènes du magnétisme indiquent que le fer, particulièrement, y doit être à l'état natif et en grande quantité.

Ces métaux natifs ont été produits primitivement dans le vide, et ensuite dans l'air.

Mais, postérieurement, il y en a eu de produit dans l'eau; car, dans les terrains primitifs de la croute du globe, on trouve différens métaux à l'état natif, tels que l'or, l'argent, le platine, le mercure, le cuivre, l'antimoine, le bismuth, l'arsenic, le tellure..... Ces métaux y sont en petites masses, lesquelles sont, le plus souvent, mélangées avec des masses qui paraissent le produit d'une dissolution et d'une cristallisation dans les eaux.

L'or natif est le plus souvent cristallisé au milieu du quartz.

J'ai des morceaux d'argent natif du Pérou, cristallisés en barbes de plumes, au milieu d'un quartz gris, qui en a pris l'empreinte; il faut donc supposer que la cristallisation de l'argent et celle du quartz, se sont opérées dans le même moment.

Le cuivre natif de Sibérie, cristallise au milieu des calcaires.

Le tellure cristallise également combiné avec d'autres métaux.....

La plupart de ces métaux natifs paraissent provenir de la décomposition des sulfures métalliques, comme nous allons le dire.

DE LA FORMATION ET DE LA CRISTALLISATION DES MÉTAUX NATIFS ALLIÉS.

Les métaux natifs sont rarement purs. Ils sont le plus souvent alliés plusieurs ensemble.

a. Les mines d'or natif, qui paraissent les plus pures, contiennent presque toujours une portion d'argent.

b. L'argent natif se trouve combiné ou allié avec l'or...

Avec l'arsenic...

Avec le mercure, dans l'amalgame d'argent natif.

Avec le cuivre, l'arsenic, le plomb, l'antimoine, le fer... dans les différentes espèces de mines de cuivre gris, ou *falhers.*

Avec l'antimoine, dans les mines d'argent antimonial.

c. Le fer natif est allié à l'arsenic dans le mispikel, ou fer arsenical.

d. L'antimoine natif est allié à l'arsenic dans l'antimoine arsenical.

e. L'arsenic natif est allié avec un très-grand nombre de substances métalliques également à l'état natif.

f. Le tellure natif est allié avec l'or, le plomb, le fer...

Les molécules de ces divers métaux natifs se sont réunies à leur *état naissant :* elles se sont combinées, et ont formé, à différentes époques, ces masses de métaux natifs alliés, comme se sont formées les masses de soufre, d'antracite... Ces opérations ont d'abord eu lieu dans le vide, puis dans l'air, et troisièmement dans l'eau.

DE LA FORMATION ET DE LA CRISTALLISATION DES SUBSTANCES MÉTALLIQUES A L'ÉTAT D'OXIDES.

Les molécules des substances métalliques à l'*état naissant*, rencontrant des molécules d'oxigène à l'*état naissant*, se sont combinées avec elles, et ont formé des oxides à différens degrés.

Ces premières combinaisons s'opèrent d'abord dans le sein de l'atmosphère, et en dernier lieu dans l'eau.

La chimie ne peut produire les oxides métalliques qu'à une température suffisante pour brûler les métaux.

Elle les oxide encore en les dissolvant dans les acides, ce qui les surcharge d'oxygène.

L'action galvanique que les métaux exercent les uns sur les autres, lorsqu'ils sont en contact, les oxides encore plus puissamment à une température très-basse.

Mais plusieurs métaux sont oxidés continuellement à la température ordinaire; le cuivre, le fer, le plomb, l'étain, le zinc, l'antimoine... bien décapis, se ternissent promptement lorsqu'ils sont exposés à l'air atmosphérique, c'est-à-dire que l'air les oxide.

Ces oxidations peuvent également s'opérer dans l'eau.

De la limaille d'acier, ou de fer, mise dans de l'eau, s'y oxide, avec dégagement d'air inflammable.

Il est même quelques oxides métalliques, tels que ceux d'arsenic, de cuivre... qui sont solubles dans l'eau.

DE LA FORMATION ET DE LA CRISTALLISATION DES SUBSTANCES MÉTALLIQUES A L'ÉTAT D'ACIDES.

Mais ces mêmes substances métalliques peuvent passer à l'état

d'acides métalliques, si elles absorbent une assez grande quantité d'oxygène; l'arsenic, le molybdène, le tungstone, le chrome... se trouvent à l'état d'acide dans les arseniates de cuivre, de fer, de cobalt... dans les molybdates de plomb, dans les tungstates ferrugineux et calcaires, dans les chromates de plomb et de fer... Ces acides métalliques ont pu être formés par les mêmes moyens que l'ont été les acides sulfuriques, carboniques...

On peut donc supposer que les molécules des métaux susceptibles d'acification ont, à leur *état naissant*, rencontré des molécules d'oxygène à leur *état naissant*, et se sont combinées avec elles en assez grande quantité pour être converties en acides.

Ce phénomène a eu lieu d'abord dans le vide, ensuite dans l'air, et postérieurement dans l'eau.

DE LA FORMATION ET DE LA CRISTALLISATION DES SUBSTANCES MÉTALLIQUES SULFURÉES, PHOSPHURÉES, CARBURÉES.

On rencontre dans les terrains primitifs un grand nombre de substances métalliques combinées avec le soufre, et formant des sulfures, tels que ceux d'argent, de cuivre, de fer, de plomb, de zinc, de mercure... On peut même dire, en général, qu'il est peu de métaux qui ne puissent être minéralisés par le soufre.

Le phosphore peut également minéraliser des métaux. L'art a opéré ces combinaisons.

Quelques métaux sont minéralisés par le charbon, comme le fer dans la plombagine.

Les molécules de ces métaux étant à leur *état naissant*, auront rencontré des molécules de soufre à leur *état naissant :* elles s'y sont combinées, et ont formé ces sulfures.

Les sulfures de mercure ou cinabre, faits par l'art, sont pro-

duits par la même cause. La chaleur volatilise les molécules de ces deux substances : elles sont réduites comme à leur *état naissant*, et se combinent avec facilité.

Il en faut dire autant des sulfures d'arsenic ou rubines, produits dans les volcans, comme au Vésuve.

Les phosphures métalliques, s'il en existe, auraient été produits par les mêmes causes.

Ce sont encore les mêmes moyens qui produisent les carbures métalliques. On voit journellement dans les fontes de fer en grand, se former de la plombagine. Ces carbures ne sont formées, que parce que les molécules de fer et de charbon, réduites par la chaleur à l'état aériforme, sont comme à leur *état naissant*, et se combinent facilement.

Ces combinaisons se sont faites d'abord dans le vide, et ensuite dans l'eau.

Les mêmes combinaisons, ou sulfures, phosphures et carbures, peuvent être produites dans l'eau. Nous en avons une preuve dans les sulfures de plomb, dans ceux de fer...., qui se font dans les terrains secondaires.

Les sulfures de fer, humectés d'eau, se décomposent et s'enflamment; comme le prouva Lemery. Il fit un mélange de fleur de soufre et de limaille de fer, qu'il humecta d'eau : ces substances réagirent les unes sur les autres, et finirent par s'enflammer (Mémoires de l'Académie des Sciences de Paris, an 1700).

D'autres sulfures métalliques peuvent également se décomposer ; les sulfures de plomb se décomposent très-souvent dans les mines.

Les sulfures d'argent se décomposent aussi ; mais l'argent, s'oxidant difficilement, demeure à l'état natif.

Il en est de même de plusieurs autres métaux qui paraissent à l'état natif, par la décomposition de leurs sulfures.

J'ai prouvé (*Journal de Physique*, tom. 78, pag. 66), que la décomposition de ces sulfures provient de l'action galvanique, que le soufre et le métal exercent l'un sur l'autre.

DE LA FORMATION ET CRISTALLISATION DES SUBSTANCES MÉTALLIQUES COMBINÉES AVEC DES ACIDES.

Des molécules métalliques, à l'*état naissant*, rencontrant dans le vide ou dans l'air des molécules d'acides également à l'*état naissant*, se combinent avec elles, et forment des sels neutres métalliques.

La minéralogie connaît un assez grand nombre de ces sels dans les terrains primitifs (*Leçons de Minéralogie*).

Les carbonates de plomb, de fer, de zinc....

Les sulfates de cuivre, de fer, de zinc....

Les phosphates de plomb, de fer....

Les muriates d'argent, de mercure, de plomb....

Les arseniates de cuivre, de fer, de cobalt.....

Les molybdates de plomb....

Les tungstates de fer.

Les chromates de plomb, de fer.

Ces mêmes combinaisons des substances métalliques avec les acides, purent postérieurement s'opérer dans les eaux.

DE LA FORMATION ET DE LA CRISTALLISATION DES ALKALIS FIXES DES TERRAINS PRIMITIFS.

Les alkalis sont des substances métalloïdes, comme on l'a prouvé, en les soumettant à l'action de la pile voltaïque. On pense que ces substances métalloïdes passent à l'état d'alkalis,

en absorbant de l'oxygène ; c'est-à-dire que les alkalis sont des oxides.

On doit donc supposer que le potassium et le sodium ont été formés primitivement comme les autres substances métalliques élémentaires, par des combinaisons particulières des premières parties de matière, ou des fluides éthérés et gazeux.

Ces substances métalliques se sont combinées à leur *état naissant*, soit entr'elles, soit avec les autres substances élémentaires, dans le vide ou dans l'air, comme l'ont fait les autres substances métalliques.

Combinées avec l'oxygène, elles ont formé la potasse et la soude.

Ces alkalis ont pu être également formés dans l'eau, non à l'état de potassium ou de sodium, parce que ces substances métalloïdes s'enflamment au contact de l'eau, mais à l'état de potasse ou de soude.

Ils se forment journellement chez les végétaux, chez les animaux, et dans les nitrières.

DE LA FORMATION, ET DE LA CRISTALLISATION DES TERRES ET DES PIERRES DES TERRAINS PRIMITIFS.

Les substances pierreuses forment la majeure partie du globe: Leur formation et leur cristallisation intéressent donc plus le géologue, que celles d'aucune autre substance minérale.

Les pierres sont composées de différentes terres, soit pures, soit combinées entr'elles, soit combinées avec d'autres substances.

H. Davy a prouvé que les terres sont des substances métalloïdes, analogues à celles des alkalis. On doit donc supposer

que ces terres ont été formées à peu près de la même manière que les alkalis et les substances métalliques.

Ces terres furent donc formées primitivemeut, *in principio rerum*, comme toutes les autres substances dites élémentaires, ou par les combinaisons des parties premières de la matière, ou par les combinaisons des divers fluides éthérés et gazeux. Cette production s'opéra successivement, et à différentes époques : d'abord dans le vide, ensuite dans l'air, et postérieurement dans l'eau. Leurs molécules étant à l'*état naissant*, se combinent facilement.

Lorsque des molécules d'une terre à l'*état naissant* rencontrèrent d'autres molécules semblables, également à l'*état naissant*, elles s'unirent, et formèrent une pierre composée uniquement de cette terre.

DE LA FORMATION, ET DE LA CRISTALLISATION DES PIERRES QUI NE CONTIENNENT QU'UNE TERRE PURE.

Quelques pierres paraissent ne contenir qu'une terre pure.

Le quartz paraît composé de la silice pure, ou oxide de silicium.

Les saphirs paraissent composés d'alumine pure, ou oxide d'aluminium.

. . . .

On doit donc supposer que des molécules de silice, *à leur état naissant*, se sont rencontrées, et se sont combinées pour former le quartz.

Des molécules d'alumine, à leur *état naissant*, se rencontrant, se sont combinées, et ont formé les saphirs.

Ces pierres, le quartz, le saphir... sont analogues à d'autres

oxides métalliques, aux cristaux d'oxide d'étain, aux oxides de fer.

Ces combinaisons se sont d'abord opérées dans le vide : postérieurement elles se sont opérées dans l'air, et ensuite dans l'eau.

Les mêmes phénomènes ont eu lieu dans la formation de toutes les pierres homogènes.

DE LA FORMATION, ET DE LA CRISTALLISATION DES PIERRES CONTENANT PLUSIEURS TERRES, ET QUELQUEFOIS DES ALKALIS, SANS AUCUN ACIDE.

Cette classe de pierres est très-nombreuse ; elle renferme les feldspaths, les grenats, les zéolites, les smectites, les circons, les émeraudes.... (*Leçons de Minéralogie*).

Plusieurs terres se rencontrant à leur *état naissant*, se sont combinées par les lois des affinités, de la même manière que nous avons vu que cela a eu lieu pour les métaux natifs alliés ; elles ont formé ces différentes pierres, les grenats, les émeraudes, les circons....

Quelquefois des molécules d'alkalis à leur *état naissant*, se sont combinées à quelques-unes de ces terres, et ont formé les feldspaths, les micas, les stilbites, les stéatites....

Ces combinaisons se sont opérées successivement d'abord dans le vide, dans l'air, et ensuite dans l'eau.

DE LA FORMATION, ET DE LA CRISTALLISATION DES PIERRES QUI NE CONTIENNENT QU'UNE TERRE ET UN ACIDE.

Ces pierres doivent être regardées comme de vrais sels neu-

tres pierreux, tels sont le calcaire, le gypse, le fluor, l'appartit, la tungstone, les barytites, les srontianites...

Des molécules d'une terre à l'*état naissant*, et des molécules d'un acide également à l'*état naissant*, s'étant rencontrées, se sont combinées, et ont formé ces espèces de pierres ; la chaux, par exemple, combinée avec l'acide carbonique, a formé le calcalcaire....

Ces combinaisons ont pu s'opérer dans le vide, dans l'air, et dans l'eau.

DE LA FORMATION ET DE LA CRISTALLISATION DES PIERRES COMPOSÉES DE PLUSIEURS TERRES, ET D'UN OU PLUSIEURS ACIDES.

Quelques pierres telles que la topaze.... sont composées de plusieurs terres, et d'un ou de plusieurs acides....

Plusieurs terres à leur *état naissant*, et des acides à leur *état naissant*, se sont combinées, et ont formé ces pierres.

Ces combinaisons ont pu s'opérer dans le vide, dans l'air, et dans l'eau.

DE LA FORMATION, ET DE LA CRISTALLISATION DES PIERRES AGRÉGÉES, OU DES ROCHES, TELLES QUE LES GRANITS, PORPHYRES, GNEIS, SCHISTES MICACÉS....

Ces pierres sont formées de plusieurs pierres, ou cristallisées ensemble, ou noyées dans une pâte, ou agglutinées.

On doit concevoir que, leur formation et cristallisation, se sont opérées comme celles des autres pierres.

On a un exemple de la cristallisation aggrégée de plusieurs

pierres, dans celles de plusieurs sels, tels que le nitre, le sel marin.... qu'on fait cristalliser ensemble.

Ou chacun de ces sels cristallise à part distinctement.

Où celui qui exige le plus d'eau de cristallisation, comme le sel marin, cristallise distinctement, noie dans la masse du nitre, comme dans une pâte.

C'est ainsi qu'ont été formés les granits, et granitoïdes, les porphyres, et porphyroïdes....

DE LA FORMATION DE CRISTAUX RÉGULIERS DE DIVERSES SUBSTANCES, AU MILIEU DE MASSES DES TERRAINS PRIMITIFS CRISTALLISÉES CONFUSÉMENT.

On observe fréquemment des cristaux réguliers de diverses substances, au milieu des masses des terrains primitifs cristallisées confusément; les schistes micacés, les schistes primitifs, les chlorites schisteuses.... contiennent souvent des cristaux de diverses substances, telles que des grenats, des tourmalines, des hyacintes, du fer oxidé octaëdre.... les dolomies contiennent des cristaux réguliers de trémolite; des marbres primitifs tels que ceux de Carare, contiennent des cristaux de quartz, des pyrites...

Il faut supposer, que les parties élémentaires de ces cristaux, étaient, dans leur état naissant, disséminées dans ces masses; elles se sont réunies et combinées, dans l'instant que ces masses étaient encore fluides.

Mais il faut observer, comme nous l'avons déjà dit, que plusieurs portions de ces grandes masses de terrains primitifs de la croûte du globe, paraissent n'avoir pas été tenues dans un état de dissolution au sein des eaux; elles n'étaient que dans un

état de suspension, tels que les schistes primitifs, les argiles primitives... néanmoins leur *fluidité boueuse*, était assez grande pour permettre aux lois des affinités d'agir, et d'y former des cristaux de diverses substances, grenats, crucites, tourmalines...

DE LA FORMATION ET DE LA CRISTALLISATION DES SUBSTANCES MINÉRALES, QUI COMPOSENT LES TERRAINS SECONDAIRES.

Les terrains primitifs étant presqu'entièrement formés, la masse des eaux qui couvraient ces terrains, diminua, leur niveau s'abaissa : une partie de ces terrains se découvrit, et les continens parurent.

Des êtres organisés parurent sur ces continens.

Leurs débris furent entraînés dans le sein des mers par les eaux courantes : ils se mélangèrent avec les nouvelles couches minérales qui s'y formaient. Ce fut l'origine des *terrains secondaires ;* ils furent ordinairement déposés par couches.

Enfin, le niveau des eaux s'est abaissé, successivement, au point où nous le voyons, et ces nouveaux terrains sortirent du sein des eaux.

Ces terrains secondaires contiennent une partie des terres, des pierres, des métaux, et des autres substances que nous avons observés dans les terrains primitifs ; mais, la chaux ou la terre calcaire, combinée avec d'autres substances, y est en plus grande quantité.

Toutes ces substances des terrains secondaires, y sont-elles apportées des terrains primitifs, soit qu'elles soient des résidus des cristallisations primitives, soit qu'elles soient des produits de la décomposition des substances de ces terrains primitifs ?

Doit-on dire, au contraire, qu'elles ont été formées postérieurement en totalité, ou au moins en partie; savoir : à l'époque de ces cristallisations secondaires, soit qu'elles aient été produites par les mêmes combinaisons des parties qui les ont formées dans les terrains primitifs, soit qu'elles aient été produites par d'autres moyens, comme dans les nitrières, soit qu'il y en ait eu de produites chez les êtres organisés par l'action des forces vitales ?.....

Nous avons déjà dit que les opinions des savans sont partagées à cet égard.

Ceux qui regardent ces substances comme *élémentaires*, ne se formant plus, soutiennent qu'elles ont été toutes apportées des terrains primitifs, dans les terrains secondaires.

D'autres pensent, qu'une partie est de nouvelle formation, parce que, les mêmes causes qui les ont produites primitivement, peuvent encore les produire.

Les deux opinions me paraissent également fondées; il ne me parait pas douteux qu'une certaine quantité de ces substances vient des terrains primitifs, soit qu'elles soient des résidus des cristallisations primitives demeurées dans les eaux-mères, soit qu'elles soient des détritus de ces terrains-

Mais il ne me parait pas moins probable, qu'une partie de ces substances des terrains secondaires est de nouvelle formation.

a. Les mêmes causes qui les ont produites primitivement, les ont produit à des époques postérieures.

b. Il y a beaucoup de probabilité, que, dans les nitrières de nouvelles substances sont formées, telles que la magnésie, la potasse, la soude, des acdies....

c. On trouve également chez les êtres organisés, un grand

nombre de substances qui paraissent de nouvelle formation, telles que

La potasse.

La soude.

Le charbon.

Le soufre.

Le phosphore.

Diverses substances métalliques, le fer, le manganèse....

Diverses terres, la chaux, la magnésie, l'alumine, la silice....

Divers acides, le fluorique, le muriatique, l'iodique, ou leurs bases, la fluorine, le chlore, l'iode....

Mais quelle qu'ait été l'origine de ces substances des terrains secondaires, les faits prouvent qu'elles ont été tenues en suspension, ou en dissolution dans les eaux, pour former ces terrains.

On ne saurait douter, que les marbres, les gypses...., n'aient été disssouts par les eaux; nous voyons se former les stalactites, les alabastrites gypseux.....

Mais, d'un autre côté, les couches argileuses, les schistes...., ont seulement été tenues en suspension.

Cet état de suspension, de ces diverses substances, est absolument mécanique; des eaux très agitées comme celles des fleuves dans leurs débordemens, gonflées par les pluies, charrient des argiles et autres terres qu'elles tiennent en suspension. Mais lorsque ces mouvemens tumultueux cessent, elles laissent déposer ces terres, et ces dépôts se font par couches.

Mais, quant à celles de ces substances qui ont été tenues en solution, il faut supposer que leurs molécules étaient réduites à l'*état naissant*, et qu'alors elles se combinaient, soit entr'elles, soit avec d'autres substances, de la même manière que cela s'est opéré dans la formation des terrains primitifs.

DE LA FORMATION ET CRISTALLISATION DES COUCHES SULFUREUSES DES TERRAINS SECONDAIRES.

On trouve, dans des terrains secondaires, comme dans le duché d'Urbin, à Cesène, en Italie; au val de Mazzara, en Sicile; à Conilla, en Espagne....., quelques couches de soufre peu considérables; elles offrent quelquefois des cristaux réguliers, mais elles sont, le plus souvent, cristallisées d'une manière confuse.

Ce soufre, des terrains secondaires, y a-t-il été apporté des terrains primitifs? ou est-il un produit nouveau?

Les chimistes, qui regardent le soufre comme un corps élémentaire qui ne se forme plus, disent qu'il a été apporté des terrains primitifs.

Mais, ceux qui pensent qu'il se forme journellement du soufre, chez les végétaux, chez les animaux et ailleurs, conviennent qu'une partie de ce soufre, des terrains secondaires, parait être un produit nouveau et avoir été formé, à ces dernières époques, par les mêmes moyens qu'il l'a été primitivement.

J'adopte les deux opinions, et je crois qu'une partie du soufre des terrains secondaires y a été apportée des terrains primitifs, et que l'autre est d'une formation nouvelle.

Mais comment ce soufre, quelle que soit son origine, a-t-il pu former ces couches sulfureuses secondaires dans l'eau? car elles se trouvent avec d'autres couches qui ont été entièrement dissoutes ou suspendues dans l'eau, telles que le gypse, le calcaire, le sulfate de strontiane...., les argiles....

Il me paraît vraisemblable, que les molécules de soufre étaient réduites à leur état élémentaire, à leur *état naissant*

elles ont pu obéir aux lois des affinités, se combiner et former des masses de soufre, semblables à celles de première formation.

Il sera arrivé souvent, que ces molécules de soufre, à l'*état naissant*, auront rencontré de l'hydrogène, et auront formé du gaz hydrogène sulfuré, lequel est soluble dans les eaux.

D'autres fois, ces molécules de soufre, à l'*état naissant*, auront rencontré des terres, des substances métalliques.... et auront formé des sulfures également solubles dans les eaux.

Ces gaz hydrogènes sulfurés et ces sulfures, se seront décomposés et auront souvent laissé déposer leur soufre au sein des eaux, et il se sera mélangé avec les autres couches; c'est ce qu'on voit avoir lieu dans les fontaines d'eaux thermales, ou de gaz hydrogène sulfuré.

DE LA FORMATION DU PHOSPHORE, ET DE L'ACIDE PHOSPHORIQUE DES TERRAINS SECONDAIRES.

L'acide phosphorique est très-abondant dans les terrains secondaires; on le trouve dans les fers limoneux, dans l'estramadurite....

Cet acide y parait provenir des matières animales et végétales.....

Mais, le phosphore lui-même ne s'y trouve jamais en nature, il y est toujours en état de combinaison.

DE LA FORMATION DES TOURBES.

On trouve, dans les terrains secondaires, de grandes quantités de tourbes; on les voit se former journellement de débris de végétaux, principalement de plantes aquatiques.

Ces plantes se décomposent....

Leurs débris se déposent mécaniquement....

DE LA FORMATION DES HOUILLES OU CHARBONS, DES TERRAINS SECONDAIRES.

Les houilles, ou charbons de terre, sont très-abondans dans les terrains secondaires ; ils y forment des couches immenses, qui s'étendent dans toute une contrée ; quelques-unes, telles que celles de Whithe-Haven, dans le duché de Cumberland, visitées par Francklin, sont à des profondeurs prodigieuses, à 8 à 900 brasses au-dessous du niveau de l'océan; d'autres sont à de grandes hauteurs au-dessus de ce niveau, telles que celles de Santa-Fe-de-Bogota....

Ces houilles sont, en général, composées d'une partie considérable de charbon, d'une portion d'huile, de quelques portions de diverses terres, d'oxide de fer....

Une partie de ces substances, telles que le carbone, peut provenir de quelques mines d'antracite des terrains primitifs, qui auraient été entraînées par les eaux dans les terrains secondaires ; mais la plus grande partie provient des débris des êtres organisés, principalement des végétaux, comme le prouve cette quantité considérable d'huile, qui est contenue dans les houilles, tandis qu'on n'en retire jamais de l'antracite.

Mais, suivant plusieurs chimistes, ce charbon, ces terres.... n'ont pu être formés chez les êtres organisés ; ils auraient donc toujours été apportés des terrains primitifs.

D'autres chimistes, au contraire, prétendent que ce charbon, ces terres, ces fers oxidés... sont produits par les forces vitales, chez les êtres organisés.

J'admets les deux opinions, et je pense qu'une partie de ces substances provient effectivement des terrains primitifs ; mais je crois que la plus grande partie est de nouvelle formation,

puisqu'on retire de l'huile, de l'ammoniac de ces houilles, tandis qu'on n'en retire point de l'antracite.

D'ailleurs, toutes ces houilles, surtout leur toit et leur mur, sont remplis d'impressions de végétaux et d'animaux.

Mais, comment ces substances auront-elles pu former ces couches de houille si multipliées dans de certains cantons, si abondantes et si profondes? dans la montagne de St.-Gilles, près Liége, on connaît déjà soixante-une couches de houille superposées; la plus profonde est à 4000 pieds Liégeois, ou environ 1,100 mètres: ces couches alternent avec des couches calcaires, des couches argileuses... Nous exposerons ailleurs ce que les analogies nous disent de plus probable à cet égard.

Nous avons vu, dans la formation de l'antracite des terrains primitifs, que ses molécules réduites à leur état élémentaire, à leur *état naissant*, ont pu se réunir et se combiner, suivant les lois des affinités; elles ont donc formé des masses plus ou moins considérables d'antracite, qu'on retrouve dans ces terrains.

Mais la formation de grandes couches de houille est différente; elle a de l'analogie avec celles des couches calcaires, gypseuses...; on ne saurait les comparer avec des amas de bois fossiles.... Il faut donc absolument reconnaître, que ces houilles ont été tenues en suspension, ou en dissolution, par les eaux; c'est ce que prouvent les faits suivans:

a. On y observe plusieurs impressions de plantes, et même d'animaux parfaitement conservées, ainsi que des coquilles.

b. Elles forment des couches d'une grande étendue, et très-régulières, dont quelques-unes sont souvent très-minces.

c. Leur tissu est uniforme, et a presque une apparence résineuse....

Or, des amas de bois fossiles ne présentent aucun de ces caractères.

Il faut donc absolument reconnaître que, les substances végétales ou animales, dont sont composées ces houilles, ont été décomposées en partie, et tenues à un état *pâteux* ou *liquide*, dans le sein des eaux, pour y former ces couches de houille.

Nous rechercherons ailleurs les causes qui ont pu donner cet état pâteux ou fluide, aux substances animales ou végétales fossiles. Nous nous en tiendrons aux faits.

Or, il est constaté par les faits, que :

1°. Il existe des quantités considérables de tourbes.

2°. Les amas de bois fossiles, entassés irrégulièrement et ne formant point de couches, sont encore plus considérables.

3°. Ces bois deviennent noirs, et se décomposent plus ou moins dans l'intérieur de la terre.

4°. Quelques-uns passent à l'état de jayet, et sont assez altérés pour qu'on n'y aperçoive plus les fibres du bois; ils ont une cassure résineuse; et en brûlant, donnent l'odeur bitumineuse.

5°. De grandes quantités d'huiles minérales, de pissaphaltes, de poix, sont volatilisées en différens endroits, comme en Italie, à Gabian, en Auvergne, en Perse, en Judée....

6°. Les houilles sont par couches plus ou moins épaisses, quelquefois très-minces, et déposées suivant les affinités, alternativement avec des couches calcaires, argileuses....

7°. Des bois fossiles n'auraient pu former ces couches.

8°. Il faut donc supposer que ces couches ont été formées par des huiles minérales, des pissaphaltes...

9°. Ces huiles; ces pissaphaltes, ont été mélangées avec des terres, des oxides de fer... et ont formé, dans le sein des eaux, les couches bitumineuses.

10°. Il n'est pas nécessaire de supposer que ces huiles, ces pissaphaltes.... aient été tenues dans un état de dissolution dans

les eaux : il suffit qu'elles y aient été dans un état de suspension, comme les couches argileuses.

Nous donnerons ailleurs, plus de développement à ces idées.

DE LA FORMATION ET CRISTALLISATION DES MÉTAUX MINÉRALISÉS DES TERRAINS SECONDAIRES.

Les substances métalliques, qui se trouvent dans les terrains secondaires, n'y sont jamais à l'état natif; elles se présentent, le plus souvent, sous forme d'oxides, ou sous forme de sulfures; il faut rechercher les moyens qui les ont formées, et les ont fait cristalliser.

Les opinions des chimistes sont partagées sur la formation des substances métalliques des terrains secondaires, comme sur celles du soufre, du charbon....

Ceux qui regardent les métaux comme des substances simples, qui ne se forment plus, disent que les métaux des terrains secondaires, y ont été apportés des terrains primitifs.

D'autres, au contraire, pensent qu'il se forme journellement des substances métalliques, par le moyen des mêmes combinaisons qui les ont formées primitivement.

J'adopte les deux opinions; il ne me paraît pas douteux, que des substances métalliques n'aient été apportées des terrains primitifs dans les terrains secondaires.

Mais il me paraît également probable, qu'il se forme journellement des substances métalliques, principalement chez les êtres organisés. La chimie en retire des quantités prodigieuses de fer, de manganèse....

Il faut maintenant rechercher comment ces substances métalliques ont pu être déposées dans les terrains secondaires.

On ne les trouve ordinairement que sous deux formes principales,

Ou oxidées;

Ou sulfurées....

Celles de ces substances qui sont dans les terrains secondaires à l'état d'oxide, y ont été le plus souvent charriées par les eaux; ce sont principalement les mines de fer: ce métal, soit qu'il soit apporté des terrains primitifs, soit qu'il vienne de la décomposition des substances des êtres organisés..., se combine avec l'oxigène, et passe à l'état d'oxide; celui qui peut être apporté des terrains primitifs est également oxidé : ces oxides ferrugineux se mélangent avec les différentes terres, et sont charriés sous cette forme, pour former les fers limoneux, les fers ocreux....

Quant aux sulfures métalliques, on en rencontre, dans les terrains secondaires, principalement ceux de fer, de plomb.

Les fers sulfurés ou pyrites, par exemple, sont extrêmement abondans dans les argiles, dans les tourbes, dans les houilles.... les faits suivans peuvent nous donner quelques notions sur leur nouvelle formation.

Le fer est extrêmement abondant dans toutes ces substances.

L'acide sulfurique s'y trouve également.

Cet acide a été primitivement du soufre; les molécules de ce soufre, à l'*état naissant*, se sont combinées avec celles du fer, également à l'*état naissant*, et ont formé ces sulfures de fer.

On trouve également des galènes, ou plombs sulfurés cristallisés, au milieu des calcaires secondaires coquillères (1); il faut supposer que

(1) Comme à Bleyberg en Corinthie, à Oye, et autres endroits du Charollais (*Théorie de la Terre*, tom. 5, pag. 50).

Ce soufre a été produit, ou apporté des terrains primitifs ; ses molécules étaient à l'*état naissant.*

Le plomb a été également apporté des terrains primitifs ; au moins aucun fait ne prouve qu'il y était de formation secondaire : ses molécules étaient aussi à l'*état naissant.*

Ces molécules de soufre et de plomb, se sont combinées, et ont formé ces sulfures.

Nous donnerons ailleurs plus de développement à ces idées.

DE LA FORMATION ET CRISTALLISATION DES PIERRES DES TERRAINS SECONDAIRES.

Les pierres forment la plus grande partie des terrains secondaires ; leur formation présente d'assez grandes difficultés.

Les chimistes, qui regardent les terres comme des substances élémentaires qui ne se forment plus, sont obligés de dire, que les terres des terrains secondaires ont été toutes apportées des terrains primitifs.

Ceux qui sont d'une opinion contraire, prétendent qu'il se forme journellement des terres, soit chez les êtres organisés, soit ailleurs.

J'adopte les deux opinions :

Il ne me paraît pas douteux que les détritus des terrains primitifs n'apportent une grande quantité de différentes terres, dans les terrains secondaires.

Les résidus des cristallisations des terrains primitifs, les eaux-mères, contiennent également des quantités de ces différentes terres.

Mais il me paraît également probable, qu'il se produit journellement beaucoup de ces diverses terres chez les êtres organisés. La chimie retire :

1°. La silice en grande quantité de plusieurs végétaux, principalement des graminées : elle cristallise sous forme de petits cailloux nommés *tabasher*, dans les nœuds du bambou ; sous forme de toile dans les nœuds de *l'arrundosativa*, le roseau commun (Leçons de Minéralogie, tome 2, page 29).

Il se trouve aussi un peu de silice chez les animaux.

2°. L'alumine se trouve en petite quantité chez les animaux et les végétaux.

3°. La magnésie se trouve en petite quantité chez certains végétaux : elle est plus abondante chez quelques animaux.

4°. La chaux se trouve dans la plupart des végétaux, sous forme de malates, de citrates calcaires.

Mais elle est extrêmement abondante chez la plus grande partie des animaux : elle fait la base des os des animaux osseux.

Les coquilles des mollusques, les coraux, les madrepores...., où sont logés les polypes.... sont entièrement formés de chaux combinée avec l'acide carbonnique, l'acide phosphorique : or, ces coraux, ces madrepores, ces coquilles... sont reproduits par ces animaux en une quantité immense dans le sein des mers.

5°. Le fer oxidé est aussi très-abondant chez les végétaux, et chez les animaux, surtout dans leur sang.

6°. On y trouve aussi du manganèse.

Peut-être de l'or....

7°. La potasse et la soude y sont également en grande quantité.

8°. L'acide fluorique paraît se former dans les dents, dans les os....

Il paraît, que dans les nitrières, dans les terres, dans les sables.... il se produit également, *a* de la potasse, *b* de la soude, *c* de la magnésie.... *d* de l'acide muriatique, *e* de l'acide nitrique.... puisqu'on y trouve du nitre, du sel marin....

Tous ces faits ne permettent pas de douter qu'une partie de

ces diverses substances, dont sont composés les terrains secondaires, sont des produits nouveaux.

Toutes ces terres, ces alkalis, ces acides.... se mélangent, se combinent.... et leurs produits se déposent de la manière dont nous l'exposerons.

DE LA FORMATION ET CRISTALLISATION DES SILEX, DES CALCÉDOINES, DES QUARTZ.... DES TERRAINS SECONDAIRES.

Les silex, les calcédoines, les pissites, ou pechsteins, les menilites, les molarites, ou pierres meulières.... sont en assez grande quantité dans les terrains secondaires.

On y trouve même des quartz cristallisés, comme à Neuilly, proche Paris.

Or, toutes ces substances sont composées de silice, en plus grande quantité, mélangées avec l'alumine....

On sait que la silice est en grande quantité dans tous les terrains secondaires, au milieu des craies, des marnes, des schistes, des argiles....

Je pense donc que cette silice y est dans son état de pureté : ses molécules sont réduites à l'état élémentaire, et comme à leur *état naissant :* elles peuvent se réunir et cristalliser, comme nous l'avons vu dans les terrains primitifs. Sa cristallisation s'est ici opérée dans l'eau, parce que cette silice a été charriée par les eaux qui traversent toutes ces masses; l'eau les a seulement mises en contact. L'alumine.... qui était mélangée, s'est combinée avec elles, elles se sont pourlors réunies par leurs forces d'affinité, et ont cristallisé, soit sous forme de silex, de calcédoines, de menilite.... soit sous forme de quartz, lorsque l'alumine s'est séparée de la silice.

Il serait possible que la silice eût été dissoute quelquefois en partie dans l'eau, comme nous le voyons, lorsqu'elle est précipitée du verre deliquescent, par un acide. C'est ainsi que paraissent se former les dépôts siliceux de geyer.

Elle a été tenue en dissolution pour former le tabasher, dans le bambou.

DE LA FORMATION ET CRISTALLISATION DES SCHISTES DES TERRAINS SECONDAIRES, ET DES ARGILES.

Une partie assez considérable des terrains secondaires est formée de schistes de différentes natures, d'ardoises, de couches argileuses....

Ces schistes sont composés de 50 à 60 de silice, de 20 à 30 d'alumine, de chaux, de magnésie, d'oxide de fer, de potasse, de charbon....

Nous avons vu que toutes ces substances se combinent dans les terrains primitifs, et y cristallisent : ce même phénomène a lieu dans les terrains secondaires.

Les molécules de la silice étant à leur état élémentaire, à leur *état naissant*, sont charriées par les eaux : elles se réunissent par les lois des affinités, et acquèrent une grande consistance, comme nous avons vu dans les quartz, dans les silex....

Mais si elles rencontrent d'autres terres également à leur *état naissant*, elles s'uniront, se combineront avec celles-ci.

Ce mélange d'autres substances telles que la chaux, la magnésie, l'alumine, le fer, la potasse, le charbon... empêche que la silice ne puisse acquérir la dureté qu'elle a dans les quartz, dans les silex.... et qu'elle affecte une forme régulière.

Les couches argileuses n'ont même point de consistance.

Toutes ces couches argileuses, et peut-être même une portion des couches schisteuses, n'ont été tenues, dans le sein des eaux, qu'en état de *suspension*, et non point dans un état de dissolution.

DE LA FORMATION ET CRISTALLISATION DES CALCAIRES, DES GYPSES, DES APPATITS, DES FLUORS....... DES TERRAINS SECONDAIRES.

La chaux seule ne forme jamais de substances pierreuses, parce que son affinité avec l'eau est trop considérable. C'est pour la même raison que les muriates et les nitrates calcaires ne cristallisent également pas dans les grandes masses d'eau, tandis que les sulfates calcaires y cristallisent.

Mais la chaux, en se combinant avec divers acides, cristallise, forme la presque totalité des pierres des terrains secondaires.

Celle de ces combinaisons qui paraît la plus abondante, est avec l'acide carbonique. Le calcaire (ou chaux carbonatée) forme la plus grande partie des pierres des terrains secondaires.

Nous ne répéterons pas ce que nous avons dit sur l'origine de cette quantité immense de chaux. Une partie paraît provenir des terrains primitifs; mais la plus grande partie paraît un produit nouveau. La chaux se trouve chez tous les végétaux et les animaux : les mollusques à coquilles, les polypes logés dans les coraux, les madrepores...., en produisent des quantités immenses.

Mais, quelle que soit l'origine de cette chaux, il faut supposer qu'elle était primitivement pure. Ses parties, réduites à l'*état naissant*, étaient très-solubles dans l'eau. Cette chaux, pure, n'a pu y cristalliser, par sa trop grande affinité avec l'eau.

Mais lorsque cette eau, chargée de chaux, rencontrait différens acides, elle se combinait avec eux, et formait des sels pierreux qui cristallisaient.

La chaux, combinée avec l'acide carbonique, forme le calcaire qui est si abondant dans ces terrains. Il se présente sous plusieurs formes :

a. Albâtre.

b. Marbre.

c. Calcaire compacte.

d. Calcaire poreux, tuf calcaire.

e. Craie....

La chaux, combinée avec l'acide sulfurique, forme les gypses.

Combinée avec l'acide phosphorique, elle forme les appatits, comme ceux de l'estramadure.

Combinée avec l'acide fluorique, elle forme les fluors : tels que ceux qu'on vient de trouver aux environs de Paris.

Combinée avec les acides muriatique et nitrique, elle forme des muriates et des nitrates calcaires, qui cristallisent difficilement, à cause de leur trop grande affinité avec l'eau.

Combinée avec l'acide boracique, elle forme les borates calcaires, qu'on trouve dans les lagonis.

Ces divers acides ont été formés par les causes dont nous venons de parler.

Ces diverses pierres, formées avec la chaux, contiennent, le plus souvent, une quantité plus ou moins considérable des autres terres, telles que la silice, l'alumine, la magnésie, le fer oxidé... aussi trouve-t-on rarement purs du calcaire, du gypse, de l'appatit.

Toutes ces cristallisations se sont opérées, le plus souvent, dans les grandes eaux de l'océan agité ; c'est ce que prouvent les quantités considérables de sables, de coquilles, d'ossemens....

qui sont souvent mélangées avec elles ; mais cette agitation des eaux n'était pas ordinairement assez considérable pour réduire en poussière, tous ces fossiles, comme cela a eu lieu dans les falhunières de la Touraine....

La plupart de ces substances paraissent avoir été tenues, par les eaux, dans un véritable état de dissolution, comme le prouve leur cristallisation.

DE LA FORMATION ET CRISTALLISATION DES STRONTIANITES DES TERRAINS SECONDAIRES.

On trouve, aux environs de Paris, dans la couche supérieure d'argile, une assez grande quantité de sulfates de strontiane, cristallisés en masses irrégulières, arrondies et mélangées le plus souvent de calcaire.

La strontiane sulfatée se trouve également au val de Mazzara, en Sicile, dans des terrains secondaires, cristallisée en beaux cristaux réguliers.

Mathieu l'a également trouvée en Lorraine (Journal de Physique, tome 46, page 200).

L'origine de cette strontiane est assez difficile à assigner ; aucun fait ne prouve qu'elle soit de formation nouvelle. On ne la trouve, ni chez les végétaux, ni chez les animaux.... elle pourrait cependant avoir été produite comme la chaux, la silice....

On peut encore supposer qu'elle a été apportée des terrains primitifs, dans lesquels elle est cependant assez rare.

Quant à l'acide sulfurique qui y est combiné, sa formation doit être attribuée à la même cause que celui qui se trouve dans des argiles.

Ce sulfate de srontiane, des environs de Paris, était dissout

dans la masse argileuse qui avait une liquidité *boueuse*, s'il est permis de se servir de cette expression, et il s'est réuni par la loi des affinités, comme le gypse pur, ou sélénite, qu'on trouve cristallisé dans ces mêmes argiles.

Tous ces faits prouvent que les cristallisations des terrains secondaires, ont été opérées par une dissolution aqueuse, des eaux qui ne contenaient point de sels; parce qu'on n'en trouve point dans ces masses.

Mais on doit distinguer, dans ces cristallisations, trois modes particuliers :

1°. Cristallisations *régulières*, comme celles de quartz, de calcaires, de gypses....

2°. Cristallisations *confuses*, comme celles des marbres, de gypse en masse....

3°. Cristallisations *grenues*, comme celles de la craie, du gypse niviforme.....

DE LA FORMATION ET DE LA CRISTALLISATION DES SUBSTANCES MINÉRALES, QUI SONT DANS LES EAUX DOUCES.

La formation et la cristallisation des terrains, qui sont dans ces lacs, s'opèrent de la même manière, que celles qui se forment dans les eaux des mers; les mêmes causes y produisent les mêmes effets.

Il serait d'autant plus inutile d'entrer dans des détails sur ces cristallisations opérées dans les eaux douces, qu'il paraît que les eaux de l'Océan, dans lesquelles se sont opérées les grandes cristallisations dont nous venons de parler, ne contenaient alors point de sel, puisqu'on n'y en trouve point, et qu'elles étaient alors réellement des eaux douces.

DE LA COMPOSITION ET DE LA CRISTALLISATION DES SUBSTANCES VOLCANIQUES.

Il est constant que la plus grande partie des substances volcaniques ont été réduites en fusion, par l'activité des feux souterrains; on les voit couler comme des torrens enflammés, et en se refroidissant, elles acquièrent ordinairement la contexture pierreuse; quelques-unes se présentent sous forme de frittes, de scories, de ponces.....

On ne peut donc douter, que la formation de ces substances ne soit due à une liquidité ignée; leurs molécules réduites à l'état élémentaire, à leur *état naissant*, se sont réunies et combinées; leur refroidissement lent et la compression, leur ont fait effectuer la contexture pierreuse qu'elles ont, et elles ont cristallisé, soit d'une manière régulière, soit d'une manière confuse.

Hall, ayant fait fondre des substances minérales, et les ayant laissé refroidir lentement, *en exerçant sur elles une compression plus ou moins forte*, a obtenu des produits analogues aux minéraux ordinaires.

Quelquefois, on obtient par la fusion ignée des cristaux réguliers, comme dans la fusion des métaux, du soufre....., on observe même, dans le verre fondu et refroidi, des cristaux réguliers, comme l'ont fait voir Keir et Pajot-des-Charmes (Journal de Physique, tome 14, page 187).

Mais, nous exposerons ailleurs plus en détail la formation des diverses substances volcaniques.

DE LA COMPOSITION ET DE LA CRISTALLISATION DES SUBSTANCES PSEUDO-VOLCANIQUES.

On appelle substances pseudo-volcaniques, des substances qui

ont été fondues et calcinées par l'action des houilles ou des charbons enflammés, telles que celles de la bouiche, en Auvergne..... ; la formation de ces substances est donc la même que celle des substances volcaniques.

RÉSUMÉ.

Tout ce que nous venons de dire sur la formation et la cristallisation des diverses substances, dont le globe terrestre est composé, fait voir que ces grandes opérations ont été exécutées par deux moyens principaux, et à différentes époques.

1°. A la première époque, les parties premières de la matière à un état, pour ainsi dire, aériforme, se sont réunies dans une *espèce de vide*, et ont formé les substances dites élémentaires.

a. Les molécules de ces substances élémentaires se sont combinées et ont formé, dans ce vide, des masses plus ou moins considérables, qui ont été attirées vers le centre commun. C'est ainsi que nous pouvons concevoir qu'ont été formées des masses de soufre, de charbon, de divers métaux, de diverses pierres composées d'une seule terre, les gaz.....

b. Des molécules à l'*état naissant* de chacune de ces diverses substances élémentaires, se sont réunies et ont formé, dans ce vide, des corps composés de deux, trois..... de ces substances élémentaires, telles que des sulfures, des phosphures, des carbures, des acides sulfuriques, phosphoriques, carboniques....

2°. Les différens gaz formèrent autour du globe une atmosphère, dans laquelle s'opérèrent quelques-unes des combinaisons, dont plusieurs avaient été opérées auparavant dans cette espèce de vide.

3°. L'eau parut à cette époque, par les combinaisons de l'hydrogène et de l'oxigène, soit qu'elle en fût produite, soit

qu'elle en fût seulement dégagée, ce qui supposerait qu'elle avait été produite antérieurement.

Une partie de cette eau demeura suspendue dans l'atmosphère.

Une autre partie se précipita vers le centre avec les autres parties solides.

Les cristallisations, qui d'abord s'étaient opérées dans cette espèce de vide, ensuite dans l'air atmosphérique, s'opérèrent alors dans un air chargé d'humidité.

Cette eau entra dans ces combinaisons.

A cette seconde époque, l'eau étant devenue plus abondante, se réunit en grande masse, qui enveloppa le noyau des parties solides accumulées. *Ce fut le commencement de l'Océan*, dont les eaux alors ne contenaient point de sel.

Les cristallisations des parties solides, qui continuaient de s'opérer dans l'atmosphère, se précipitèrent à travers cette eau pour gagner le centre.

Tandis que la masse des eaux augmentait, la masse de l'atmosphère diminuait par la grande quantité des gaz qui se combinaient, et entraient comme principe dans les combinaisons secondaires, telles que les acides, les oxides....... et l'eau.

On doit donc supposer, que, primitivement la masse de l'atmosphère avait été beaucoup plus considérable qu'elle n'est aujourd'hui.

Sa densité, dans les couches inférieures, était par conséquent très-grande, puisqu'elle est constamment proportionelle à la hauteur des couches supérieures qui compriment les inférieures.

Les combinaisons continuèrent, et formèrent presque la masse entière du globle, *par une dissolution aériforme.*

Les eaux augmentaient également, elles couvraient tout le globe, et s'élevaient audessus de sa surface à une grande hauteur, que nous ne saurions évaluer, même par approximation.

On voit que *la croute du globe est entièrement formée dans les eaux* à une profondeur considérable, qui nous est inconnue; et *par une dissolution aqueuse*.

On ne trouve point de sels dans ses cristallisations, d'où on doit conclure que ces eaux n'en contenaient point, et qu'elles étaient des *eaux douces*.

Enfin, quelques substances minérales, telles que les volcaniques ont cristallisé par une *dissolution ignée*.

Cette surface du globe n'était pas plane : les masses des cristaux s'amoncelaient ça et là, elles formaient les *montagnes* dont nous avons donné la description.

Ces montagnes, qui, dans ces tems étaient roides et escarpées, ont été dégradées, et leurs pentes sont devenues douces.

Les eaux de la surface du globe diminuèrent peu à peu; les continens commencèrent à se découvrir; les êtres organisés parurent....

Les cristallisations minérales continuèrent d'avoir lieu, les débris des êtres organisés se mélangèrent avec ces nouvelles substances, et les terrains secondaires furent formés.....

On doit distinguer, dans ces cristallisations minérales, trois modes particuliers.

1°. Les *cristallisations régulières*, telles que celles du quartz ou cristal de roche, des grenats, tourmalines, topazes, rubis, diamans...., celles du fluor, des calcaires, des substances métalliques pures ou minéralisées.....

2°. Les *cristallisations confuses*, telles que celles du quartz en masse, du pétrosilex, de la lydienne.... ; des marbres, des

pierres calcaires compactes, du gypse en masse, des substances métalliques en masse, pures ou minéralisées.

3°. Les *cristallisations grenues*, j'appelle ainsi des cristallisations en grains, telles que celles de la craie, des sables quartzeux.....

Les salpêtriers, aujourd'hui, font cristalliser le salpêtre *en grains* pour la fabrication de la poudre : pour y parvenir, ils agitent fortement la dissolution du salpêtre au moment où elle est prête à cristalliser, et alors, au lieu d'avoir de gros cristaux de nitre, qui contiennent beaucoup d'eau nuisible à la poudre, ils obtiennent le nitre cristallisé en petits grains. « Il » ne doit être employé d'autre moyen de cristallisation du sal- » pêtre, que l'agitation continuelle de la liqueur (*de l'art de fabriquer la poudre. Riffant et Bottrée*, pag. 98.)

On fait également cristalliser en grains ou en petits cristaux, le sel de glauber, ou sulfate de soude, qui se trouve dans les salines.

Ces cristallisations de substances minérales présentent un phénomène très-remarquable. Le plus grand nombre de ces substances, de la surface du globe, ont été tenues en dissolution dans l'eau, et y ont cristallisé. Néanmoins, après cette cristallisation, elles n'y sont plus solubles : c'est ce que confirment tous les faits.

a. Le quartz est cristallisé dans le marbre de carare ; dans les anhydres, sur le pissaphalte d'Auvergne.... il a donc été dissout dans toutes ces circonstances... et cependant, il n'est plus soluble dans l'eau.

Il faut dire la même chose de toutes les substances des terrains primitifs de la croûte du globe, cristallisées : les grenats, les topazes, les émeraudes, les hyacinthes, les gadolinites, les lydiennes, les micas, les feldspaths... ont cristallisé dans l'eau, et y sont ensuite insolubles.

b. On voit chaque jour pareils phénomènes s'opérer sous nos yeux.

Les stalactites se forment sous l'œil de l'observateur par des eaux qui suintent à travers les plafonds des cavernes, des grottes ; et ces stalactites une fois formées, cessent d'être solubles dans l'eau.

Un grand nombre d'eaux de fontaines, telles que celles de Tivoli en Italie, celles de la fontaine Saint-Alyre, à Clermont en Auvergne... contiennent en dissolution du calcaire, et les déposent sous les yeux de l'observateur... une fois déposé, il est insoluble dans les eaux.

Les eaux ferrugineuses présentent le même phénomène : elles sont surchagées de fer carbonaté en sortant du sein de la terre: elles déposent une partie de ce fer aussitôt qu'elles sont à l'air : et ce fer devient insoluble.

La chaux phosphatée est très-soluble dans certaines circonstances, comme dans les corps de divers animaux : elle forme la majeure partie de leurs os. Néanmoins, ces os cessent d'être solubles dans l'eau.

Les combinaisons métalliques nous offrent encore les mêmes phénomènes; on observe, dans les terrains secondaires, plusieurs de ces combinaisons qui ont été primitivement tenues en solution dans les eaux, et qui ensuite y sont devenues insolubles.

a. Le *fer carbonaté et oxidé*, qui se rencontre dans les eaux ferrugineuses, à leur sortie du sein de la terre, se dépose bientôt par l'évaporation d'une partie de l'acide carbonique, et devient insoluble.

b. Le *fer sulfuré*, ou les *pyrites*, qui se forment dans les argiles, dans les bitumes.... y sont cristallisées, et par conséquent ont été tenues en dissolution.... elles deviennent ensuite insolubles....

c. Le *plomb sulfuré*, ou galène, se trouve cristallisé au milieu

des terrains secondaires, coquillers. Il a donc été tenu en dissolution dans les eaux; et cependant il n'y est plus soluble.

La chimie nous dévoilera les causes de ces différens phénomènes : les faits suivans nous font voir ce qui a lieu dans différentes circonstances.

Des cristallisations minérales s'opèrent souvent par des procédés, dont les causes n'ont pas encore été assez déterminées.

L'aluminite de la tolfa est composée d'alumine de potasse, d'acide sulfurique, et d'une portion de silice, à peu près un quart : elle n'est pas soluble dans l'eau, quoique l'alun composé d'alumine de potasse et d'acide sulfurique s'y dissolve en grande quantité; c'est donc la silice qui rend insoluble l'aluminite, parce que cette silice se combine et forme un sel à triple base.

La minéralogie nous présente plusieurs autres exemples d'un pareil phénomène : la cryolite, la topaze.... sont également insolubles.... par la même raison.

Les combinaisons de silice et de potasse, ou de natron, comme les verres, sont très-solubles dans l'eau : elles deviennent insolubles par l'addition d'autres terres; ainsi le feldspath qui contient silice 64, alumine 20, chaux 2, potasse 14, est insoluble dans l'eau, parce que ces différentes terres se combinent, et forment des sels à *triple base*....

Curandeau, dans ses fabriques d'alun, a observé (1), qu'un mélange de 25 à 30 quintaux d'une partie d'acide sulfurique, et deux parties d'argile cuite réduite en poudre, qu'on fait bouillir dans l'eau, devient solide à l'instant que la matière vient à manquer d'eau; c'est que l'argile contient une grande quantité de silice, et forme un sel à *triple base*, comme l'aluminite, qui

(1) *Journ. de Phys.*, *tom.* 68, *p.* 409.

alors se combine, et rend la masse concrète et insoluble dans l'eau.

DES CAUSES DES CRISTALLISATIONS DES SUBSTANCES MINÉRALES DISSOUTES DANS L'EAU.

Après avoir exposé la manière dont cristallisent les diverses substances minérales, dissoutes dans l'eau, il faut rechercher les causes qui ont opéré ces cristallisations; je suis, je crois, le premier qui ai traité cette question dans toute son étendue (1); pour l'éclaircir, autant qu'il est possible, il faut rappeler les différens procédés par lesquels l'art opère la cristallisation des substances salines dissoutes dans l'eau; les phénomènes qu'ils nous présentent, rendront sensibles ceux des cristallisations minérales, et nous ne pourrons pas nous tromper, en ne nous écartant pas de l'analogie.

J'ai exposé, en détail, dans ma *Théorie de la Terre* (tome 4, page 185), ces diverses causes.

Il faut observer que :

1°. Une dissolution saline prête à cristalliser, et tenue dans un vase bien fermé, ne cristallise pas toujours; mais si l'on ouvre le flacon, et qu'on agite doucement la liqueur, la cristallisation s'opère promptement.

2°. Une liqueur prête à cristalliser, cristallisera promptement, si on y a introduit un petit cristal de la même substance.

---

(1) *Essai sur les principes de la Philosophie naturelle*, en 1777 et en 1783.

Journal de Physique, tom. 17, pag 258.

3°. Une liqueur prête à cristalliser, et qui cristalliserait en gros cristaux, si elle était tranquille, ne donne plus que de petits cristaux, lorsqu'on l'agite; c'est la *cristallisation* que j'ai appelée *grenue*.

4°. Une cristallisation trop précipitée ne donne pas des cristaux réguliers, mais des masses cristallisées confusément.

5°. Enfin, différentes circonstances, qui ne sont pas assez connues, peuvent déterminer la cristallisation. Nous allons exposer les causes les plus employées.

6°. Il faut ne pas oublier qu'une grande masse de dissolvant peut être dans une partie chargée de substances dissoutes, et ne pas l'être, ou au moins l'être peu dans une autre partie; c'est ce qu'on observe dans quelques grands lacs: les lacs de natron, par exemple, contiennent, dans quelques endroits de leur étendue, du natron; dans d'autres, du sel marin....

L'air atmosphérique présente les mêmes phénomènes; il est chargé de nuages plus ou moins épais dans quelques endroits; et il est clair dans d'autres; il n'en contient aucun....

La fumée qui, des corps brûlés s'élève dans l'air, ne s'y étend que lentement; on l'aperçoit long-tems, d'une manière très-distincte, d'ans un seul endroit.

7°. Enfin, tous les faits indiquent que les eaux, à cette époque, ne contenaient point, comme les eaux actuelles de nos mers, de substances salines, puisqu'on n'en trouve aucunes mélangées avec ces cristallisations minérales.

DE L'ÉVAPORATION.

Dans nos laboratoires, la méthode la plus usitée pour faire cristalliser les différentes substances dissoutes dans un liquide, est de faire évaporer une partie de ce liquide. C'est encore la

méthode dont on fait cristalliser le sel marin dans les marais salans.

Mais l'évaporation a-t-elle pu contribuer à la cristallisation générale des substances dont le globe est composé? Cela paraît difficile à supposer; car il est impossible qu'une certaine quantité de l'eau, qui appartient à la terre, ait pu passer en d'autres globes.

Il pourrait seulement y avoir eu une plus grande quantité d'eau suspendue dans l'atmosphère qu'aujourd'hui; mais cette quantité ne pouvait être bien considérable.

Nous pouvons conclure que l'évaporation n'a pu avoir qu'une influence bien légère dans la cristallisation générale des substances dont le globe terrestre est formé.

Mais l'évaporation a pu, à des époques postérieures, contribuer à des cristallisations particulières de quelques substances minérales. Il est certain, par exemple, que dans les lacs des pays chauds, qui contiennent du sel marin, du natron.... Ces sels cristallisent lorsque les grandes chaleurs de l'été font évaporer les eaux. Les substances minérales, telles que les gypses, les calcaires, les boracites, les barytes, les strontianites, les substances bitumineuses, les substances métalliques.... qui peuvent être dissoutes dans ces eaux des lacs, cristalliseront dans les mêmes circonstances, par l'évaporation des eaux.

Mais ces phénomènes particuliers dans des lacs, n'ont pu avoir lieu qu'après la retraite des eaux des mers, et la découverte des continens.

L'évaporation n'aura donc eu qu'une légère influence dans la cristallisation des substances minérales.

DU REFROIDISSEMENT.

Un des autres moyens que l'art emploie pour opérer la cris-

tallisation, est le refroidissement du dissolvant; car la chaleur favorise la dissolution. Une partie des matières dissoutes dans un dissolvant, qui a un certain degré de chaleur, se précipite donc aussitôt que cette chaleur diminue, et elle cristallise.

Les cristallisations des terrains primitifs, époque à laquelle il n'existait point d'êtres vivans, ont pu s'opérer en partie par un refroidissement; car il paraît qu'alors la chaleur était beaucoup plus considérable qu'aujourd'hui, puisqu'il est bien prouvé que la masse du globe se refroidit continuellement.

Les jets d'eaux bouillantes d'Islande, surtout ceux de Ruikum, de Geyzer... tiennent en dissolution de la terre quartzeuse, combinée avec le natron : or, ces terres se déposent par le refroidissement de ces eaux, lorsqu'elles retombent sur les bords de leurs bassins.

Il paraît, ainsi que je l'ai supposé, que les eaux qui, dans le principe, tenaient en solution les terres et tous les autres principes qui ont formé les substances dont sont composés les terrains primitifs, avaient un assez grand degré de chaleur. Ces eaux se refroidissant, tous ces principes se sont rapprochés, combinés pour former les quartz, les feldspaths, les hornblendes, les micas.... et tout aura cristallisé suivant les lois des affinités.

Mais le refroidissement n'aura pu avoir une grande influence dans la cristallisation des terrains secondaires ; car à cette époque les eaux étaient remplies d'êtres vivans, de poissons, de mollusques, de vers, de plantes, de grands cétacés.... dont nous retrouvons les débris dans ces couches. Or, ces êtres vivans ne peuvent supporter une chaleur plus forte que celle qui existe aujourd'hui dans les mers. Nous devons donc supposer qu'à cette époque la chaleur des eaux n'était pas très-considérable, et que le refroidissement depuis ce tems n'a été que d'une assez petite quantité.

DE LA PROFONDEUR DU DISSOLVANT.

Il paraît certain que les eaux qui tiennent en solution ou en dissolution différentes substances, en sont plus chargées à leurs parties inférieures. Par conséquent, plus elles sont profondes, plus ces parties inférieures en sont surchargées. Il doit donc en cristalliser une partie lorsque ces eaux ont une certaine profondeur.

Darcet rapporte une observation qui confirme cette vérité (dans sa *Dissertation sur les Pyrénées*, page 131).

« Il y a, dit-il, une fontaine d'eau salée à Salins, ville de » Béarn; une petite rivière qui passe à côté se répand dans la » fontaine lorsqu'elle déborde, et en remplit le bassin. Alors, » pour séparer l'eau étrangère que le débordement y a mise, on » donne le tems à celle du bassin de se reposer : ensuite, au » jour indiqué par le magistrat, on y jette un œuf, qui plonge » jusqu'à ce qu'il trouve la couche d'eau salée, d'une pesanteur » supérieure à la sienne : en même tems on vide à force de » bras l'eau du bassin que l'on jette dans le canal voisin, jus- » qu'à ce qu'on aperçoive l'œf flottant sur la surface de l'eau » salée. »

On voit donc que l'eau qui n'est pas salée demeure au-dessus de celle qui est salée, parce que cette dernière est plus pesante. La même chose doit avoir lieu dans les grandes mers. Les eaux inférieures doivent être beaucoup plus salées que celles de sa surface; et elles le sont effectivement.

Le capitaine *Ellis*, dans un voyage qu'il fit dans les mers d'Afrique, plongea dans la mer un tonneau, dont chacun des deux fonds est percé d'un trou. Ces deux ouvertures sont fermées par des valvules jointes par une verge de fer qui traverse le ton-

neau, en sorte qu'elles s'ouvrent et se ferment en même tems. On plonge le baril de manière que le fond inférieur soit celui qui permet à la valvule de s'ouvrir en-dedans. L'eau qui presse contre cette valvule la fait ouvrir, et remplit le baril. Mais lorsqu'on le retire, les valvules se ferment, et le tonneau se trouve plein de l'eau qui était à la profondenr où on avait descendu le baril. Cet instrument est de l'invention de Hales.

Ellis fit ses observations proche de l'équateur : le résultat de ses expériences fut que ;

a. L'eau de la mer devenait plus salée et plus pesante à mesure qu'elle était prise à une plus grande profondeur.

b. La chaleur diminuait à mesure qu'on descendait. Cependant cette diminution s'arrêta à six cent cinquante brasses. La chaleur, à cette profondeur, était de 55° de Farenheit, ou 9° de Réaumur. A mille toises de profondeur elle fut la même. La chaleur, sur le continent, était 84° de Farenheit, ou de 23° de Réaumur. (Voyage d'Ellis en Afrique, *Journal Economique*, 1754 avril, page 186.)

De tous ces faits on peut conclure que dans les mers profondes la partie inférieure des eaux est plus chargée de sels que la partie supérieure.

La question qui se présente est de savoir,

1°. Si ces sels sont en assez grande abondance pour y pouvoir cristalliser.

2°. Les substances, qui sont en dissolution dans des mers profondes, y ont-elles pu cristalliser ?

Il est très-probable que la profondeur des mers a pu souvent favoriser la cristallisation des substances qui y étaient contenues.

DE L'AGITATION DU DISSOLVANT.

Un dissolvant qui est agité tient en dissolution une plus

grande quantité de sels que lorsqu'il est en repos. Les eaux courantes qui tiennent en dissolution du spath calcaire, du gypse... les déposent aussitôt qu'elles sont en repos. C'est ce qu'on observe dans la plupart des canaux qui conduisent ces eaux. On y trouve des dépôts de ces substances qui y ont cristallisé.

Les eaux de la fontaine Saint-Allyre, à Clermont, en Auvergne, sont extrêmement chargées de spath calcaire. Elles le tiennent en dissolution tant que leur cours n'est pas ralenti ; mais elles le déposent aussitôt qu'elles cessent d'être en mouvement. Si au milieu de leur cours on place un corps qui en ralentit la marche, elles forment un dépôt sur ce corps, qui, au bout de vingt-quatre heures, se trouve couvert d'une incrustation fort épaisse. C'est ainsi qu'elles ont formé un pont sur un petit ruisseau dans lequel elles se versent. Un arbre couché sur le ruisseau servit de base à cette incrustation, qui forme le pont d'une seule pièce.

Les eaux de Saint-Philippe, en Toscane, et beaucoup d'autres, présentent les mêmes phénomènes.

Des eaux qui, étant agitées, tiendraient en dissolution différentes substances pierreuses, métalliques ou bitumineuses.... les déposeront donc dans des tems de repos, et les laisseront cristalliser.

On peut donc supposer que cette cause a pu avoir une assez grande influence sur la cristallisation des substances minérales.

DE L'EXCÈS D'ACIDE.

De l'eau pure surchargée d'acide, et qui tient en dissolution quelques substances salines, les laisse cristalliser lorsque cet excès d'acide lui est enlevé. C'est ce que prouvent d'une manière bien certaine les eaux minérales qui sont surchargées d'acide carbonique. En sortant de la terre, elles tiennent en dissolu-

tion diverses substances, et particulièrement du fer oxidé, du calcaire... Cet excès d'acide se dissipe aussitôt qu'elles sont exposées à l'air, et elles déposent les substances.

Les eaux de la fontaine de Saint-Allyre tiennent en dissolution une grande quantité de calcaire et de fer oxidé. Elles sont surchargées d'acide carbonique, qui se dissipe aussitôt qu'elles sortent de la terre. Dans le même instant elles déposent ces calcaires en si grande abondance, que les corps qu'on place dans son petit cours en sont incrustés en moins de vingt-quatre heures.

Les eaux de Saint-Philippe, en Italie, sont surchargées d'acide carbonique et d'hydrogène sulfuré : elles tiennent en dissolution du calcaire. Ces gaz se dissipent dès que les eaux sont sorties du sein de la terre, et le calcaire se précipite et cristallise.

Les mêmes phénomènes ont dû avoir lieu dans les grandes masses d'eau qui tenaient en dissolution les diverses substances minérales; elles pouvaient contenir quelques acides en excès. Ces acides se sont dissipés par une cause quelconque; et les substances dissoutes se sont précipitées : ç'aura été sans doute l'acide carbonique, parce qu'il était le plus abondant dans les eaux de ces premiers tems; et il abandonne avec beaucoup de facilité son eau de dissolution, lorsqu'il s'y trouve en excès.

Le gaz hydrogène sulfuré y devait être également en assez grande quantité, principalement comme minéralisateur des substances métalliques. Il abandonne aussi avec facilité son eau de dissolution.

Supposons que des fontaines, telles que celles dont nous parlons, surchargées d'acide carbonique, ou de gaz hydrogène sulfuré, se rendissent directement dans le sein des mers, il est certain que le gaz acide carbonique et le gaz hydrogène sulfuré

se dissiperaient en partie, et laisseraient cristalliser les substances que ces excédans de dissolvans tenaient en dissolution.

Peut-on supposer qu'avant la cristallisation générale de la croûte du globe, les eaux qui tenaient en dissolution toute cette masse fussent surchargées de dissolvans, quels qu'ils fussent, et que ces dissolvans, par leur évaporation, eussent facilité la cristallisation des granits, des calcaires... et de toutes les substances terreuses ou métalliques qui forment les terrains primitifs?

Il est très-possible que cette cause ait influé sur les cristallisations minérales. Nous avons vu que l'acide carbonique est un des dissolvans de plusieurs des substances qui composent les terrains primitifs, tels que les marbres, les dolomies... Or, toutes les eaux qui sont surchargées de cet acide, en laissent échapper une partie dès qu'elles sont exposées à l'air.

L'hydrogène sulfuré et les sulfures paraissent être un des principaux dissolvans des substances métalliques... Or cet hydrogène sulfuré se volatilise avec beaucoup de facilité.

Ces deux gaz, l'acide carbonique et le gaz hydrogène sulfuré, auront donc pu, par leur volatilisation, contribuer beaucoup à la cristallisation primitive des substances minérales.

DES NOUVELLES COMBINAISONS DES SUBSTANCES MINÉRALES TENUES EN DISSOLUTION DANS LES EAUX.

Deux quantités données d'eau, peuveut chacune tenir en dissolution une certaine quantité de substances quelconques. Si on mélange ces dissolutions, il peut se former de nouvelles combinaisons qui ne pourront plus être tennes en dissolution, et qui par conséquent cristalliseront.

Supposons une livre d'eau, par exemple, saturée d'acide sulfurique;

Supposons une autre livre d'eau saturée de potasse caustique :

Si on mélange ces deux livres d'eau, il se formera un sulfate de potasse, dont la plus grande partie cristallisera.

Cette cause a dû avoir un grand effet dans les cristallisations minérales. Examinons d'abord son action dans les cristallisations des terrains primitifs.

Toutes les terres, la silice ou quartzeuse, l'alumineuse, la magnésienne, la chaux, la barytique, la strontiane...., étaient pures, et non combinées : elles n'exigeaient, pour être tenues à l'état de solution, qu'une quantité d'eau assez limitée. Si des eaux chargées de ces terres ont rencontré d'autres eaux contenant des acides, il se sera formé des sels neutres qui, exigeant une plus grande quantité d'eau pour être dissouts, auront cristallisé.

De l'eau tenant de la chaux en dissolution, et rencontrant de l'acide carbonique, aura formé les calcaires primitifs.

Il se sera formé du gypse, si cette eau a rencontré de l'acide sulfurique.

La même eau tenant en dissolution de la chaux, rencontrant d'autres eaux chargées d'acide fluorique, aura formé les fluors.

La même eau rencontrant l'acide phosphorique, aura formé l'appatit, ou phosphate calcaire primitif.

La même eau rencontrant l'acide tungstique, aura formé les trunstates calcaires.

De l'eau chargée de magnésie pure, rencontrant des eaux chargées d'acide carbonique, aura formé des spaths magnésiens.

Cette eau tenant en dissolution de la magnésie pure, et rencontrant l'acide sulfurique, aura formé du sulfate de magnésie.

De l'eau tenant en dissolution de la baryte pure, ou de la

strontiane, et rencontrant de l'eau chargée d'acide sulfurique, aura formé des sulfates de baryte ou de strontiane.

. . . .

Les mêmes phénomènes ont eu lieu dans les terrains secondaires.

Des eaux tenant en dissolution de la chaux pure, et rencontrant d'autres eaux chargées d'acide carbonique, d'acide sulfurique, d'acide phosphorique, d'acide boracique, auront formé

Des calcaires secondaires,

Des gypses,

Des appatits,

Des boracites.

. . . .

Des eaux tenant en dissolution de la strontiane pure, et rencontrant d'autres eaux chargées d'acide carbonique, d'acide sulfurique, auront formé

Des strontianites,

Des célestines.

. . . .

Mais ces nouvelles combinaisons auront-elles pu opérer des cristallisations dans les terrains primitifs? Cela ne me paraît pas douteux.

La plus grande partie des pierres, par exemple, des terrains primitifs, est formée des quatre terres principales pures, et de quelques oxides métalliques; savoir :

La terre siliceuse,

La terre alumineuse,

La magnésie,

La chaux,

Le fer oxidé.

. . . .

La chaux et la magnésie sont solubles dans l'eau.

L'alumine, à l'instant où elle vient d'être précipitée de l'alun par un alkali caustique, est également soluble dans l'eau.

La silice y est également soluble, au moment qu'elle est précipitée, par exemple, de ses combinaisons avec les alkalis.

Enfin, les fers oxidés sont solubles dans l'eau, par l'intermède de l'acide carbonique.

Ces quatre terres et cet oxide de fer sont donc plus ou moins solubles dans l'eau, lorsqu'elles sont pures.

Mais aussitôt qu'elles viendront à se combiner, elles formeront de nouveaux composés qui seront peu solubles, ou ne le seront pas. Ces composés cristalliseront plus ou moins promptement. Ainsi, de l'eau chargée d'acide carbonique rencontrant une eau tenant de la chaux en dissolution, il y aura une combinaison, qui sera du calcaire. Ce composé n'étant presque pas soluble, cristallisera aussitôt.

Il serait inutile d'accumuler un plus grand nombre de faits.

DE LA DÉCOMPOSITION DES SUBSTANCES MINÉRALES COMBINÉES, ET TENUES EN DISSOLUTION DANS LES EAUX.

Deux quantités données d'eau peuvent, chacune, tenir en dissolution une certaine quantité de substances combinées, ou de sels neutres; si on mélange ces dissolutions, ces substances peuvent se décomposer mutuellement, et il se forme de nouvelles combinaisons qui, ne pouvant plus être tenues en dissolution dans la même quantité deau, cristallisent.

Une quantité d'eau donnée, étant supposée saturée d'une dissolution de sulfate de plomb, et rencontrant une autre portion d'eau saturée de sel marin, ou natron muriaté; il y a

double décomposition : il se forme du muriate de plomb, qui, étant presqu'insoluble, se précipite et cristallise; et du natron sulfaté, qui, exigeant peu d'eau pour être tenu en solution, pourra ne pas cristalliser, si la masse d'eau est un peu considérable.

De l'eau séléniteuse, c'est-à-dire, tenant en dissolution du gypse, et rencontrant de l'eau tenant en dissolution du barytite carbonaté, il y aura double décomposition; la terre barytite ayant plus d'affinité avec l'acide sulfurique, que la chaux, décomposera le gypse; il se formera du barytite sulfaté d'un côté, et du spath calcaire de l'autre.

De l'eau tenant en dissolution du calcaire, telle que l'eau qui forme les stalactites, et rencontrant de l'acide sulfurique, de l'acide fluorique...., il y aura décomposition du calcaire; ces acides, plus puissans que le carbonique, c'est-à-dire, ayant plus d'affinité avec la chaux, s'en empareront; l'acide carbonique sera dégagé et il se formera du gypse, du fluor....

La chimie connait un grand nombre de ces précipitations ou décompositions.

DE L'ADDITION ET COMBINAISON DES NOUVELLES SUBSTANCES.

La cristallisation s'opère quelquefois par l'addition et la combinaison des nouvelles substances : il se forme alors des sels à double base, à triple base...., qui cristallisent parce qu'ils exigent plus d'eau de cristallisation, tels que les différens prussiates.

Prenons pour exemple un sel terreux, l'alun qui a double base, l'alumine et la potasse.

Ce sel est composé : alumine 13, potasse 10, acide sulfurique 26, c'est un sel à double base.

13.

Si on y ajoute une nouvelle base, par exemple, la silice, et qu'elle se combine, on aura un sel à triple base, qui devient insoluble dans l'eau.

Curaudeau, dans ses fabriques d'alun, a observé qu'en mélangeant 25 à 30 quintaux de deux parties d'argile cuite pulvérisée, et d'une d'acide sulphurique, et, les faisant bouillir dans l'eau, ce mélange devenait solide et dur comme une pierre, à l'instant que l'eau venait à manquer; c'est qu'alors la silice, qui se trouve en grande quantité dans l'argile, entre en combinaison et forme un sel triple.

L'aluminite de la tolfa est une pareille combinaison, opérée naturellement, Cette aluminite est composée : silice 24, alumine 44, potasse 4, acide sulfurique 23. Cette combinaison forme un sel triple qui est insoluble.

Je crois qu'avec ces principes, on concevra facilement comment se sont opérées les cristallisations des substances minérales dissoutes dans les eaux. Commençons d'abord par exposer la manière dont ont pu cristalliser les substances qui composent les terrains primitifs.

1°. La chaleur des eaux, dans les commencemens, était très-considérable ; elle a diminué peu à peu. *Première cause de cristallisation.*

2°. Les eaux étaient dans une grande agitation ; cette agitation a diminué successivement. *Seconde cause de cristallisation.*

3°. Ces eaux avaient une profondeur considérable que nous ne saurions estimer que par approximation. Elle devait être de plusieurs lieues. Les substances dissoutes ont dû gagner la partie inférieure de ces eaux. *Troisième cause de cristallisation.*

4°. La partie inférieure de ces eaux aura laissé cristalliser les parties dont elles étaient surchargées. *Quatrième cause de cristallisation.*

5°. La plus grande partie des terres et des oxides métalliques,

losqu'ils sont purs, est soluble dans l'eau; mais dès que ces substances se combinent, elles forment des composés, qui exigent une immense quantité d'eau pour être tenus en dissolution; tels sont le feldspath, l'hornblende, le mica... les trapps, la cornéene, les petrosilex, les gemmes, les schorls, les smectites, les magnésilites.... *Cinquième cause de cristallisation.*

6°. Les substances minéralisatrices se combinant avec les métaux, forment également des composés, qui exigent beaucoup d'eau pour être tenus en solution.

7°. Quelques-uns des dissolvans, tels que le gaz acide carbonique, le gaz hydrogène sulfuré, l'acide fluorique.... auraient pu se volatiliser en tout ou en partie.

8°. Dans les mélanges des substances minérales, quelques-unes auront été décomposées, et il se sera formé de nouvelles combinaisons, qui seraient moins solubles que celles qui existaient auparavant. *Nouvelle cause de cristallisation.*

9°. De nouvelles substances se seront jointes et combinées, auront opéré la cristallisation, comme dans l'aluminite. *Neuvième cause de cristallisation.*

Telles sont les principales causes connues, qui me paraissent avoir pu opérer la cristallisation des substances des terrains primitifs; et sans doute il en est encore d'autres, que la chimie découvrira.

Ces cristallisations auront suivi les lois des affinités, et les règles des cristallisations salines, comme nous l'avons exposé ci-dessus, en parlant des cristallisations de ces diverses substances.

Les cristallisations des substances qui composent les terrains secondaires auront été opérées par les mêmes causes.

La chaux, dissoute par l'acide carbonique, formera toutes les diverses espèces de pierres calcaires, marbre, albâtre, calcaire solide, calcaire terreux, tel que la craie....

La chaux, dissoute par l'acide sulfurique, formera les gypses.

La chaux, dissoute par l'acide phosphorique, formera les appatits.

Mais différentes substances hétérogènes, soit des pierres, soit des débris d'êtres organisés, telles que les coquilles.... s'y mélangeront, ce qui formera de nouveaux composés.

Toutes les cristallisations secondaires s'opéreront par les mêmes causes que nous avons vu produire les cristallisations primitives.

1°. L'*évaporation*. Cette cause peut agir dans les lacs particuliers, comme dans les lacs de natron en Egypte, dans celui de Tozzer en Mauritanie... dans des mers méditerranées, comme dans la Caspienne, en supposant, comme on le croit, qu'elle diminue chaque jour....

2°. Le *refroidissement*. Les mers des pôles perdent journellement de leur chaleur. Les grands lacs septentrionaux, tels que ceux du nord de l'Europe, de l'Asie, et de l'Amérique, se refroidissent chaque jour. Les substances que leurs eaux tenaient en dissolution, lorsque leur température était plus élevée, cristalliseront donc aujourd'hui.

Les lagonis de Toscane, qui ont une température de cinquante à soixante degrés, peuvent perdre de leur chaleur, et en perdent réellement en hiver. Leurs eaux laisseront donc cristalliser les substances qu'elles tenaient auparavant en dissolution.

Il en faut dire autant des lagonis du Thibet, où on trouve le borax... leurs eaux sont chaudes. En se refroidissant, elles laissent cristalliser le borax.

3°. *L'agitation du dissolvant*. Les eaux des mers et des lacs ont dû être autrefois plus agitées qu'elles ne le sont aujourd'hui... Elles déposeront donc des substances qu'elles tenaient en dissolution.

4°. *L'excès d'acide*. Il a dû souvent arriver que des mers mé-

diterranées ou des lacs ont tenu un excès d'acide. Les lagonis de Toscane, ceux des champs phlégréens, ceux du Thibet.... contiennent une grande quantité de divers acides, le sulfureux, le boracique, le carbonique.... Ces acides, ou s'évaporeront, ou seront saturés par de nouvelles terres qui y seront apportées; alors s'opérera la cristallisation des substances que cet excès d'acide tenait en dissolution, tels que les gypses, les boracites, les calcaires, les fiorites...

5°. *L'addition des substances plus solubles.* Si on ajoute des muriates calcaires, par exemple, qui sont très-solubles, à des eaux qui tiennent en dissolution des gypses, des calcaires, il arrivera que les muriates se dissolvant, ôteront à l'eau la faculté de pouvoir tenir en solution la même quantité de gypses, de calcaires... Ces derniers, par conséquent, cristalliseront.

6°. *La profondeur des mers.* Des calcaires, par exemple, étant tenus en dissolution dans des mers peu profondes, et étant ensuite transportés dans des mers plus profondes, s'y accumuleront. Dès-lors, ils ne pourront plus y être tenus en dissolution, et ils cristalliseront.

7°. *La composition et la décomposition des sels.* Différentes substances minérales salines tenues en dissolution dans les eaux des mers, et qui, en se mélangeant, se décomposent, et forment de nouveaux composés, pourront cristalliser, si ces composés sont moins solubles. Snpposons des eaux chargées d'acide sulfurique, soit qu'il provienne de la décomposition des pyrites, de la combustion du soufre... Si ces eaux coulent sur des calcaires, elle les décomposeront, et il se formera de nouvelles cristallisations du gypse, par exemple, assez soluble; mais si cette eau chargée d'acide sulfurique, rencontre une eau qui contienne en dissolution de la baryte, il se formera du sulfate de baryte absolument insoluble.

8°. L'addition et la combinaison de nouvelles substances, en

se combinant, forment des sels à plusieurs bases, qui peuvent être plus ou moins insolubles. Telle est l'aluminite de la tolfa....

Il est encore des phénomènes dans les cristallisations minérales, qui méritent toute l'attention du géologue chimiste.

Toutes les substances minérales ont été tenues en solution par les eaux pour cristalliser, soit d'une manière régulière, soit d'une manière confuse ; et aussitôt qu'elles sont cristallisées, l'eau ne saurait plus les dissoudre.

Les stalactites elles-mêmes, que nous voyons se former sous nos yeux par une cristallisation aqueuse, ne sont plus solubles dans l'eau.

Les pierres que j'ai appelé *quartzilites*, les gemmes, les schorls, les smectites, les calcaires... une fois formées, ne sont plus attaquées par l'eau. On pourrait laisser pendant des siècles les plus petites parcelles de ces pierres dans les masses d'eau les plus considérables, qu'elles ne seraient nullement altérées.

Il n'y a tout au plus que les pierres gypseuses dont l'eau dissout une légère portion.

Les pierres, qui contiennent beaucoup de fer à découvert, sont également un peu attaquées par les eaux.

La plus grande partie des mines métalliques, excepté les ferrugineuses, est pareillement inattaquable par les eaux, quoiquelles y aient été dissoutes lors de leur cristallisation.

Il en est de même des substances bitumineuses.

La cause de ce singulier phénomène n'est pas facile à apercevoir.

Tous les sels, que le chimiste fait cristalliser dans l'eau, et qu'il dit y être insolubles, s'y dissolvent néanmoins ordinairement dans une quantité d'eau plus ou moins considérable : au lieu que les substances minérales, dont nous parlons, y paraissent absolument insolubles : les stalactites que nous voyons se

former chaque jour par une cristallisation aqueuse, sont insolubles aussitôt qu'elles sont formées.

On ne saurait cependant douter que ces substances ne se dissolvent dans certaines circonstances. Car des amygdaloïdes, des toadstones... sont remplies de cavités, à peu près comme les laves scorifornes. Les cavités étaient primitivement remplies de calcaires, ou autres substances qui ont été dissoutes, et ont laissé ces cavités vides.

On a des calamines, des quartz... cristallisés comme des calcaires. C'est que ces substances ont pris la place des calcaires, qui ont été dissous par une cause quelconque.

On trouve des cristaux de quartz qui sont vides et creux : cette portion de quartz a donc été dissoute.

Nous avons quelques faits qui peuvent jeter du jour sur ces dissolutions.

Du fer qui se rouille sur du quartz, l'attaque, le corrode, le dissout. Or du fer rouillé n'est qu'un oxide du fer chargé d'acide carbonique. Cet acide peut donc attaquer le quartz et le dissoudre. L'acide carbonique qui s'échappe des fontaines des eaux de Vals, dissout le quartz qui sert de parois à la fontaine.

Sans doute les autres substances minérales, qui sont dissoutes, le sont également par des eaux chargées de quelques principes qui leur est étranger.

Je pense que la plupart des substances minérales de la croûte du globe, ont été tenues en solution par des eaux qui contenaient un excès d'acide ; et aussitôt que cet excès d'acide s'est dissipé, elles ont cristallisé.

De nouvelles eaux surchargées également d'un excès d'acide, pourront donc redissoudre de nouveau ces mêmes substances, ainsi que nous venons de le voir.

DES CAUSES DE LA CRISTALLISATION DES SUBSTANCES MINÉRALES SUPPOSÉES DISSOUTES PAR LA VOIE IGNÉE.

Plusieurs philosophes anciens ont cru que le globe terrestre avait été exposé à l'action du feu, qui l'avait réduit en fusion, et que, par conséquent, toutes les substances minérales avaient été dissoutes par la voie ignée, comme l'ont été les matières volcaniques fondues.

Cette doctrine a été renouvelée, dans ces derniers tems, par des savans du plus grand mérite.

Descartes pensait que le globe terrestre avait été primitivement un soleil, dont les *taches* étaient devenues si abondantes, qu'elles l'avaient enveloppé entièrement, et encroûté.

Léibnitz soutient la même opinion.

Buffon avança que le globe terrestre, ainsi que les autres planètes et leurs satellites avaient été une masse fondue et vitrifiée, détachée de la masse du soleil par le choc d'une comète.

Hutton a également soutenu que le globe terrestre avait été exposé à un très-grand degré de chaleur, quelle qu'en ait été la cause.

Hall a soutenu la même opinion, et a fait voir, par de belles expériences, que des substances minérales exposées à une grande chaleur, et fondues, pouvaient, par un *refroidissement* lent, et une *pression considérable*, acquérir les mêmes *facies* que les substances minérales formées par une dissolution aqueuse.

Les laves coulantes par l'activité des feux volcaniques, et qui, dans certaines circonstances, acquièrent les *facies* des substances que nous regardons formées par une dissolution aqueuse, don-

nent beaucoup de poids à cette opinion. Quelquefois ces laves ne peuvent être distinguées des trapps, des cornéénes... *Bergman* convenait qu'on ne pouvait s'assurer de leur origine que par le local où on les trouvait, dans des courans de laves, ou dans des terrains primitifs.

Il en faut dire autant des substances pseudo-volcaniques.

Plusieurs géologues distingués croient également aujourd'hui que la liquidité du globe a pu être opérée par le feu, tels que Playfair, disciple de Hutton..... Fleuriau-Bellevue, Breislack...

Nous allons examiner la manière dont les cristallisations minérales ont pu s'opérer dans cette hypothèse de leur liquidité ignée.

DE L'HYPOTHÈSE DE LA CRISTALLISATION DES PIERRES PAR UNE DISSOLUTION IGNÉE.

Les faits que nous venons de rapporter sur la cristallisation des substances volcaniques et pseudo-volcaniques, font voir la manière dont on pourrait, dans le *système huttonien*, expliquer la formation et la cristallisation de toutes les pierres. Les partisans de ce système disent, et particulièrement Hall (1),

« La CHALEUR ET LA COMPRESSION ont pu produire toutes les
» pierres que nous connaissons; car de la craie exposée à une
» chaleur suffisante pour la fondre, et à une pression capable
» d'empêcher la dissipation du gaz acide carbonique, forme
» de la pierre calcaire, du marbre, et des cristaux calcaires.

(1) *Description d'expériences qui montrent comment la compression peut modifier la chaleur*, par Hall, traduction de Piétet, pag. 230 et suivantes.

» Le sable, dans les mêmes circonstances, se convertira en
» grès;

» Les coquillages en pierres calcaires;

» Les substances animales et végétales en houille.

» D'autres couches qui contiendraient du fer, du carbonate
» de chaux, des alkalis, avec différentes terres, entreraient,
» *dans les mêmes circonstances*, en fusion très-liquide, et formeraient, par leur refroidissement,

» Des porphyres;
» Des basaltes;
» Des gréenstones;
» Des whinstones.

» Les sables encore plus chauffés formeraient

» Des granits;
» Des sienites;
» Des gneis;
» Des granits stratifiés....

» Dans d'autres cas où la chaleur aurait été plus intense, les
» lits de sable approchant de plus près vers l'état de fusion, acquerraient assez de ténacité et de consistance pour se laisser
» fléchir et contourner sans déchirement, ni fraction, par l'influence des causes locales du mouvement, et pourraient
» prendre la forme et le caractère de *schiste primitif*.

» La pierre calcaire serait entièrement cristallisée, et deviendrait du *marbre;* ou bien, en entrant en fusion plus liquide,
» elle pénétrerait dans les plus petites fissures, sous la forme de
» *spath calcaire*.

» En conséquence de l'action de la chaleur sur une quantité
» de matière aussi considérable, ainsi amenée à un état de liquidité complette ou partielle, et dans laquelle, nonobstant

» l'énorme pression, quelques substances seraient volatilisées, » cette élastification devrait produire, dans la masse comprimante, des soulèvemens répétés qui amèneraient enfin les » couches à l'état où nous les voyons actuellement. »

De grandes masses de verre fondu dans les verreries, et refroidies lentement, se *dévitrifient* au point qu'elles perdent tous les caractères de verre, pour acquérir ceux de vraies pierres.

Fleuriau de Bellevue nous en a rapporté un exemple bien remarquable (Journal de Physique, tom. 60, pag. 409). Dans une verrerie, auprès de la Rochelle, le verre était dans les creusets, prêt à être coulé. Des événemens militaires survinrent inopinément. Les ouvriers obligés de fuir, abandonnèrent leur atelier. Après plusieurs mois, ils revinrent, et furent fort étonnés de trouver, dans leurs creusets, des pierres, au lieu du verrre qu'ils y avaient laissé.

Ces pierres étaient fibreuses, au point qu'on les aurait volontiers prises pour de la trémolite; mais il y restait adhérentes encore quelques portions de verre. Leur couleur était blanchâtre.

Dans mes promenades lithologiques et géologiques aux environs de Paris, je vais avec mes élèves à la verrerie de Sèvres, et j'ai souvent pu leur faire observer ce phénomène dans le fond des creusets cassés et rejetés. On y voit, au lieu de verre, une matière pierreuse, qui a quelque ressemblance avec de la trémolite fibreuse. Elle est extrêmement dure, et on ne peut la casser qu'avec peine. Sa couleur est rougeâtre, couleur qui est due à de la manganèse qui se trouve dans les cendres, et la soude.

Tous ces faits indiquent la manière dont les substances pierreuses auraient pu cristalliser, dans l'hypothèse qu'elles eussent joui d'une liquidité ignée, analogue à celle des laves.

DE L'HYPOTHÈSE DE LA CRISTALLISATION DES SUBSTANCES MÉTALLIQUES PAR LA VOIE IGNÉE.

Dans la doctrine huttonienne, la cristallisation des substances métalliques par une dissolution ignée, se conçoit facilement, et satisfait à tous les phénomènes. La chaleur, qu'a éprouvée la masse entière du globe, a été assez considérable pour la fondre toute entière : les substances métalliques ont été, par conséquent, fondues comme les autres. Elles ont ensuite cristallisé de la même manière que l'art les fait cristalliser dans les laboratoires.

Les lois des affinités ont présidé à ces cristallisations comme à toutes les autres cristallisations minérales.

Néanmoins, il serait difficile, dans cette hypothèse, d'expliquer la formation des filons, des couches et des stockwerdes métalliques.

DES CAUSES DE LA CRISTALLISATION DES SUBSTANCES MINÉRALES SUPPOSÉES DISSOUTES PAR LA VOIE AÉRIFORME.

Quelques philosophes anciens ont soutenu cette opinion. Il paraît que c'était celle d'*Anaximènes*, qui, sans doute, la tenait des anciens peuples.

Quelques faits paraissent pouvoir lui donner du poids. Les météorolites ont été vraisemblablement à l'état aériforme.

Des comètes, passant très-près du soleil, à leur périhélie, paraissent être réduites à l'état aériforme : car *Herschel* dit que, de seize comètes qu'il a aperçues, il a vu des étoiles au travers de la masse de quatorze d'elles. Il n'y en a que deux dont le

noyau ait été assez opaque pour ne pas laisser passer la lumière.

Cependant, ces comètes, à leur aphélie, redeviennent des corps opaques et solides ou concrêts. Il faut donc que leurs substances, à leur périhélie, aient été réduites à l'état aériforme; elles ont été ensuite condensées de nouveau, et ont formé des corps solides.

Nous avons vu qu'il est probable que la matière nébuleuse a été la matière dont a été formé l'univers.

Le noyau du globe terrestre en a donc été également formé, ainsi que tous les corps dont il est composé.

Or, il paraît que cette matière nébuleuse était primitivement à l'état aériforme, à l'état diffus.

Elle a été ensuite condensée par la *force condensante*, ou attraction, pour former les grands globes, par conséquent, le terrestre, et les corps divers dont ils sont composés.

Cette formation du noyau du globe par la cristallisation de substances aériformes, me paraît la plus probable, comme je l'ai exposé.

Tandis que ses couches extérieures, la croûte aura été formée par une cristallisation de substances tenues dans une dissolution aqueuse.

DES CAUSES DES CRISTALLISATIONS DES SUBSTANCES PIERREUSES TENUES A UNE FLUIDITÉ AERIFORME.

Quelques faits paraissent indiquer que des pierres peuvent avoir été formées par une dissolution aériforme.

Lorsqu'on distille l'acide fluorique dans une cornue de verre, et qu'on reçoit cet acide sous une clocle qui repose sur l'eau, il se dépose sur cette eau une croûte siliceuse qui a l'apparence

pierreuse. Cette croûte est composée de silice, qui a été volatilisée avec l'acide fluorique.

Vauquelin a observé que la silice peut être volatilisée, et acquérir une forme concrète dans les fontes de fer en grand (1) : elle est en filets flexibles comme de l'amianthe.

Les météorolites contiennent plusieurs terres avec des substances métalliques. Elles ont les caractères des pierres, et cependant il est très-probable qu'elles ont été à l'état aériforme.

Enfin les comètes, à leur périhélie, en passant auprès du soleil, paraissent réduites en partie, ou en totalité, en fluides aériformes. Ce sont ces fluides qui composent leurs queues et leurs chevelures.

Lorsqu'elles s'éloignent du soleil à leur aphélie, ces fluides se condensent, et paraissent former des corps solides analogues à nos pierres.

Ces faits prouvent que des substances pierreuses ont pu être volatilisées par la chaleur, et être formées par sublimation par une véritable dissolution aériforme.

DE L'HYPOTHÈSE DE LA CRISTALLISATION DES SUBSTANCES MÉTALLIQUES PAR UNE DISSOLUTION AÉRIFORME.

Plusieurs minéralogistes distingués ont cru que la cristallisation des substances métalliques a pu s'opérer par une dissolution aériforme ; tous ceux qui ont pensé que le globe terrestre avait été premièrement enflammé, ont soutenu cette opinion. Descartes croyait que la partie extérieure du globe avait été formée par des matières sublimées, et qui s'étaient consolidées

(1) *Journal de Physique*, tom. 70, pag. 96.

par le refroidissement, elles avaient commencé à y former des taches comme celles du soleil, et enfin, l'avaient encroûtée.

Kirker, dans son ouvrage *Mundus subterraneus*, suppose une inflammation et conflagration dans l'intérieur du globe..., les substances métalliques ont été volatilisées..., et ont été portées vers sa croûte extérieure, où elles se sont déposées...

Beccher adopte la même opinion sur la formation des minéraux. « Dans le centre de la terre, dit-il, il y a un grand » vide rempli d'un fluide ou d'une vase sulfureuse, ou bitumi- » neuse, d'où s'échappent les vapeurs qui coopèrent à la for- » mation des minéraux.

Gensane admet également une grande chaleur centrale qui volatilise plusieurs substances minérales.

Nous avons quelques faits qui prouvent que les substances métalliques peuvent être réduites à l'état aériforme et cristalliser, tels sont :

a. Le fer spéculaire volcanique a été volatilisé par la chaleur des volcans, et a cristallisé.

b. La rubine d'arsenic, l'orpiment, ou les sulfures d'arsenic, ont été volatilisés par la chaleur, et ont cristallisé.

c. L'or, l'argent... peuvent être volatilisés par la chaleur du miroir ardent, ainsi que nous l'avons vu, et cristallisent.

d. La plombagine ou carbure de fer, se forme par sublimation.

e. Il ne serait donc pas impossible que de grandes masses métalliques eussent été formées par sublimation, par une dissolution aériforme.

En résumant les faits que nous venons de rapporter, ils prouvent qu'il est possible que les substances minérales aient été tenues en dissolution par la voie ignée. Elles ont pu être tenues en fusion par un degré de chaleur suffisant, et ensuite

cristalliser ou d'une manière régulière, comme les métaux; ou d'une manière confuse, comme les laves....., ou comme le verre dévitrifié.

Les faits prouvent aussi qu'il est possible que des substances minérales aient été tenues en dissolution par la voie aériforme, comme les météorolites, les comètes à leur périhélie.

Nous avons vu que la supposition à l'état aériforme des substances dont est composé le noyau du globe terrestre, fournit l'explication la plus satisfaisante de leur consolidation, et de leur cristallisation.

C'est donc l'hypothèse qui, d'après nos connaissances actuelles, me paraît la plus vraisemblable.

Je suppose, en conséquence, que les premiers principes, les élémens, qui ont formé la masse du globe, son noyau, étaient, IN PRINCIPIO RERUM, *à l'état aériforme.*

Mais les faits géologiques me paraissent indiquer que les substances *qui forment la croûte de notre globe* n'ont point été formées ni par fusion, ni par sublimation. Toutes les roches des terrains primitifs sont formées de quartz, de feldspath, de mica, de hornblende, de schistes, de lydiennes, de cornéennes...

Or ces substances paraissent avoir cristallisé dans les eaux. On trouve de l'eau dans des cristaux de quartz. Le feldspath, le mica... sont certainement des cristallisations aqueuses...

Enfin il me paraît probable qu'il n'y a que quelques substances minérales, telles que les laves, qui ont joui d'une fluidité ignée.

Mais nous traiterons ailleurs ces questions plus en détail, et nous ferons voir qu'en supposant, comme il est vraisemblable, que les substances qui ont formé le noyau du globe aient été primitivement à l'*état aériforme*, la croûte extérieure de ce globe a, suivant les probabilités, été, à des époques postérieures, tenue dans un état de dissolution, ou de solution aqueuses : les huttoniens en conviennent eux-mêmes.

» Car, dit Hall lui-même, page 226, quelle que soit l'opi-
» nion qu'on adopte sur le mode de séparation de la terre et
» de l'eau, *personne ne doute de l'ancienne situation* SOUMARINE,
» DES COUCHES ACTUELLEMENT TERRESTRES. »

Puisqu'il est certain que les *couches actuellement terrestres* ont été sous les eaux, nous ne pouvons donc juger des couches intérieures que par analogie. Or nous avons vu que, suivant les analogies, les substances qui ont formé ces couches intérieures étaient à l'état aériforme; et nous avons exposé la manière dont il me paraît que ces cristallisations ont été opérées... Tandis que les couches extérieures du globe, qui composent sa croûte, ont été formées par une dissolution et une cristallisation aqueuses.

SECTION QUATRIÈME.

DES EAUX MÈRES DE LA CRISTALLISATION PRIMITIVE DU GLOBE TERRESTRE, DE LA FORMATION DE L'OCÉAN, ET DES MOUVEMENS DE SES EAUX.

La cristallisation primitive de la masse générale du globe étant achevée, il demeura à sa surface une quantité considérable d'eau, qu'on peut regarder comme l'*eau-mère* de cette cristallisation; car cette eau n'était pas pure. Elle devait contenir différentes substances qui n'étaient pas entrées dans celles qui avaient cristallisé, ainsi qu'il arrive dans les eaux où se sont opérées de grandes cristallisations.

Mais il est probable que cette eau ne contenait point de substances salines, comme les eaux de nos mers actuelles.

Ces eaux surnageaient sur toutes les parties solides cristalli-

sées, et les couvraient à une grande hauteur que nous ne connaissons pas. Elles formèrent l'Océan, ou les mers.

Ces eaux avaient leurs bassins dans les lieux les plus bas, dans les vallées formées entre les gorges des montagnes, où étaient leurs plus grande profondeurs. Les portions des eaux qui surnageaient les montagnes étaient moins profondes.

Les fentes qui durent se former postérieurement par le refroidissement de la surface du globe, purent alors servir de bassins à quelques mers, comme à la mer Rouge, à l'Atlantique....

DE L'OCÉAN.

L'Océan, formé de la manière que nous venons d'exposer, couvrit la surface du globe.

Ses eaux contenaient encore en dissolution, ou en suspension, une certaine quantité des substances qui avaient formé les parties solides du globe.

Mais il ne paraît pas qu'elles continsent une certaine quantité de sel marin, ou muriate de soude, puisque nous n'en voyons point, ou presque point, dans les terrains primitifs.

Enfin la masse des eaux diminua à la surface de la terre... Elles déposèrent, pour former les terrains secondaires, la presque totalité des substances qui n'étaient pas entrées dans la composition des terrains primitifs.

Les eaux se surchargèrent alors de sel marin, ou muriate de soude, de muriate de magnésie....

DES MOUVEMENS DES EAUX PRIMITIVES DE L'OCÉAN A LA SURFACE DU GLOBE.

Une masse d'eau aussi considérable que celle qui couvrait le globe dans les premiers momens où furent terminées les cris-

tallisations primitives, devait avoir des mouvemens encore plus violens que ceux de nos mers actuelles. On ne pourrait estimer l'étendue de ces mouvemens, qu'en connaissant la masse et la profondeur de ces eaux. Mais on ne peut guères douter qu'elles ne s'élevassent de plusieurs milliers de toises au-dessus des plus hautes montagnes.

Cette masse immense des mers primitives était assujétie à divers mouvemens anologues à ceux qu'éprouvent nos mers actuelles.

Le soleil et la lune agissaient sur elles, et y produisaient des marées analogues à celles de l'atmosphère, que nous avons exposé ci-devant.

D'un autre côté, les mouvemens de la masse de l'atmosphère dont nous avons parlé, savoir son mouvement général d'orient en occident, et ceux des pôles à l'équateur, de l'équateur aux pôles, imprimèrent aux eaux des mers des mouvemens analogues, et y produisirent deux courans généraux, l'un de l'orient à l'occident, et l'autre des pôles à l'équateur, et de l'équateur aux pôles. Les eaux avaient donc quatre mouvemens généraux:

1°. Le premier analogue à celui des marées aériennes;

2°. L'un de l'orient à l'occident;

3°. L'autre de l'équateur aux pôles;

4°. Et le quatrième des pôles à l'équateur.

DES MARÉES.

Le premier mouvement des eaux des mers, celui qui frappe davantage l'observateur, est celui des marées, qui en élève les eaux deux fois en vingt-quatre heures, 48′ 45″. Il est bien reconnu qu'il est produit par l'action combinée de la lune et du soleil, puisqu'il est toujours proportionnel à leur rapprochement ou à leur éloignement de la terre, et à leur position respective par rapport à elle.

Le mouvement des marées est extrêmement faible dans les grandes mers. Cook et les astronomes Wales et Bayly, qui l'accompagnaient, ont reconnu que les marées sont très-faibles dans la grande mer du Sud, à Ulietea, à Otahiti, aux îles Sandwick, aux Marquises, à l'île de Pâques, à Ohitaho, à Ceylan, à la côte E. de Madagascar, aux Moluques, aux îles de la Sonde, à Formose, aux Philippines, à Sainte-Hélène, au cap de Bonne-Espérance, au cap Horn, à la terre des Etats, à l'extrémité de la Nouvelle Hollande.... et en général autour des terres qui, par leur forme et leur isolement, ne doivent pas gêner les mouvemens imprimés aux eaux de la mer. Car dans tous ces lieux cités, les élévations ou les abaissemens du niveau de l'eau excèdent rarement trois pieds (1).

Mais il est des lieux où les marées sont très-grandes, par exemple, sur les côtes de Bretagne, en France. Les marées, à Saint-Malo, s'élèvent quelquefois jusqu'à quarante à cinquante pieds. Le mouvement des eaux est gêné par la côte avancée de la Bretagne, et par des courans..... ce qui y produit cette grande élévation.

On a cherché à estimer l'action de la lune et du soleil sur les marées. On a calculé que l'action de la lune élevait les eaux à la hauteur environ de cinq pieds, et celle du soleil seulement à deux pieds.

DES COURANS DES EAUX DE L'ORIENT A L'OCCIDENT.

Les eaux des mers éprouvent un second mouvement général,

(1) *Tableaux des vents, des marées et des courans*, par Romme, tom 2, pag. 2.

celui d'orient en occident, analogue au grand vent alizé. Il est surtout très-sensible sous la zône torride.

Les navigateurs ont tous reconnu ce courant. Pour aller d'Europe en Amérique, ils longent les côtes jusques aux Canaries, où ils rencontrent ce courant. Ils distinguent facilement son action de celle du grand vent alizé.

Ce mouvement des eaux d'orient en occident est produit par le mouvement de rotation du globe, comme nous avons vu qu'est produit le grand vent d'alizé d'est. Les eaux, ainsi que l'atmosphère, ne se meuvent pas avec la même vitesse que la partie solide du globe ; mais ce même vent alizé d'Est agit lui-même sur les eaux des mers, et leur imprime un mouvement analogue au sien : il contribue ainsi à ce mouvement des eaux.

DES COURANS DES EAUX DES RÉGIONS POLAIRES A L'ÉQUATEUR.

Les eaux des mers éprouvent un troisième mouvement général, qui les porte des régions polaires aux régions équinoxiales. Les navigateurs observent constamment ce mouvement. Ceux qui partent de France, d'Angleterre.... pour l'Afrique, pour l'Inde.... suivent ce courant qui les porte aux Canaries...

On sait que les glaces des zones glaciales sont constamment charriées vers l'équateur, dans l'un et l'autre hémisphère. C'est, dit *Waitz*, par l'action de ce courant.

Mais ces eaux polaires, arrivées à une certaine latitude, rencontrent des eaux moins froides ; elles se précipitent, et gagnent le fond des mers, parce qu'elles sont plus pesantes. On sait que c'est ce qui arrive constamment, lorsque, dans un vase qui contient de l'eau chaude, on verse de l'eau froide. Celle-ci gagne toujours le fond du vase.

Ce sont ces courans inférieurs d'eaux polaires froides, dans le fond des mers des régions équinoxiales, qui produisent ces grands froids que les observations ont indiqué dans les profondeurs de ces mers, comme nous l'avons dit ci-devant, pag. 20. Car il est contraire à tous les faits de supposer que ce froid appartienne à la partie solide du globe qui est sous ces mers. Cette portion du globe doit jouir, comme les autres, de la température générale de toute la masse, dix, ou quinze, ou vingt degrés.... et on ne saurait supposer que sa température est à celle de la glace.

Ce courant reconnaît deux causes principales :

1°. Le mouvement diurne de la rotation de la terre, qui accroît la force centrifuge des régions situées sous l'équateur.

2°. L'action des vents généraux des pôles à l'équateur.

DU COURANT DES EAUX DES RÉGIONS ÉQUINOXIALES VERS LES POLAIRES.

Mais, pour rétablir l'équilibre dans les eaux des mers, il faut qu'il y ait un autre courant qui reporte vers les pôles, les eaux venues des régions polaires. Ce courant va donc des régions équinoxiales aux régions polaires.

Ce quatrième courant paraît s'exécuter particulièrement dans les parties moyennes des eaux des mers.

a. Nous avons vu qu'à la surface des mers, les eaux sont portées vers les contrées équinoxiales, par les causes que nous avons assignées.

b. La pesanteur supérieure des eaux polaires, qui sont très-froides, les porte également vers les contrées équinoxiales.

c. Mais il doit se trouver, dans les eaux des mers, des courans moyens qui reporteront les eaux des contrées équinoxiales

aux régions polaires. Ils sont analogues à ceux de l'atmosphère, qui reportent l'air atmosphérique des contrées équinoxiales vers les polaires.

d. Les *eddys*, ou contre-courans, contribueront également à transporter des eaux des contrées équinoxiales aux régions polaires.

Tous ces divers courans généraux des eaux des mers sont les seuls qui paraissent exister. Ils sont ensuite modifiés par des causes locales.

DES EFFETS DES COURANS GÉNÉRAUX DES EAUX DES MERS, AVANT L'APPARITION DES CONTINENS.

Pour mieux entrevoir la nature et les effets des courans des eaux à la surface du globe, il faut les considérer à des époques différentes (1).

Premièrement; avant que les continens fussent découverts; j'ai prouvé que les eaux s'élevaient alors à une grande hauteur au-dessus des montagnes les plus élevées.

Secondement; après que les continens ont été découverts, et cette époque doit être sous-divisée en plusieurs périodes.

Nous allons considérer d'abord ces courans, avant l'apparition des continens.

Le soleil et la lune agissaient sur la masse des eaux, d'une manière analogue à celle dont ils y agissent aujourd'hui.

Les eaux de l'Océan éprouvèrent donc, dans ces premiers

(1) Voir mon Mémoire sur l'action des courans, *Journal de Physique*, tom 67, pag. 81.

momens, des mouvemens analogues à ceux qu'elles éprouvent actuellement. La principale différence qu'il y avait, dépendait :

1°. De la profondeur des mers, qui était beaucoup plus considérable qu'aujourd'hui, car les eaux surpassaient de plusieurs milliers de toises les montagnes les plus élevées.

2°. De la non-apparition des continens. *D'Alembert* a prouvé que ces deux circonstances devaient faire varier beaucoup la nature des courans. « Si la terre, dit-il, était entièrement inondée par les eaux de l'Océan, les eaux pourraient, aussi bien » que l'air, former sous l'équateur un courant perpétuel. » *Réflexions sur la cause des Vents*, mémoire couronné par l'Académie de Berlin, en 1746, *Introduction*, pag. xxjii.

La chaleur de la masse solide du glode, celle des eaux, et celle de l'air atmosphérique, étaient plus considérables qu'elles ne sont actuellement, ainsi que nous l'avons vu précédemment.

Cette chaleur était augmentée par l'action des rayons solaires. Mais cette augmentation, à cause de l'obliquité de l'axe, variait sur les divers points de la surface de la terre, à raison des latitudes, et suivant les saisons. Quand le soleil, par exemple, était à un des tropiques, l'hémisphère correspondant était très-échauffé, et l'autre l'était beaucoup moins : et réciproquement, lorsque cet astre passait à l'autre tropique, l'hémisphère échauffé se refroidissait, et l'autre s'échauffait.

Les régions équinoxiales étaient, comme aujourd'hui, celles qui éprouvaient les chaleurs les plus intenses.

Cette alternative d'augmentation et de diminution de chaleur, produisaient des dilatations et des condensations dans l'air atmosphérique : elles y causaient des courans, ou des vents, qui devaient être à peu près réglés, puisqu'il n'y avait point encore de continens découverts.

Ces vents avaient deux directions principales.

a. L'une de l'orient à l'occident : c'était le vent alizé d'est.

b. L'autre, des pôles à l'équateur : c'étaient des vents de nord et de sud, ainsi que nous l'avons exposé précédemment.

Il devait y avoir un troisième mouvement de l'équateur aux pôles, qui reportait l'air de l'équateur aux pôles.

Ces vents parcouraient sans obstacle la surface des eaux, dont tout le globe était couvert.

La masse des eaux en était agitée, et elle suivait la même direction que la masse de l'air.

L'action de la lune et du soleil agitait encore, par leurs forces attractives, les deux grands fluides, les masses des eaux et de l'air atmosphérique. Elle y produisait des marées, qui leur imprimaient également un mouvement d'orient en occident.

On doit donc supposer que la masse des eaux primitives acquit à cette époque divers mouvemens généraux.

a. Un mouvement d'orient en occident, ou d'*est*, qui est plutôt *nord-est* et *sud-est*, de manière que, comme dans le grand vent alizé d'est, le courant du sud-est s'étend souvent au-delà de l'équateur dans l'hémisphère boréal.

b. De seconds mouvemens qui portaient les eaux de chaque pôle vers les contrées équinoxiales ; ces seconds courans changeaient le grand courant d'est en courans du *nord-est* et de *sud-est*.

c. De troisièmes courans, qui rapportaient les eaux des contrés équinoxiales vers chaque pôle.

Une autre cause concourait avec celles dont nous venons de parler. Les eaux des contrées équinoxiales ont à leur surface une température plus élevée que celle des régions polaires.

La température des eaux des mers équinoxiales est, à leur surface, environ 20 degrés.

Celle des eaux polaires est, à leur surface, à peu près à zéro.

Dès-lors ces dernières ont une pesanteur spécifique supérieure à celle des premières. Or, si on met dans un syphon des eaux froides et des eaux chaudes, les eaux froides gagnent le fond du vase, et repoussent à la surface les eaux chaudes. Les eaux des régions polaires arrivées à une latitude où elles rencontrent des eaux moins froides, gagneront donc le fond des mers, et se rendront vers les régions équinoxiales par des courans qui ont lieu dans les parties inférieures des mers. Elles repousseront les eaux des régions équinoxiales vers les pôles, par des courans supérieurs.

On a un exemple de ces divers mouvements des eaux dans les anses des grands fleuves. Les portions d'eau qui s'enfoncent dans l'anse ne peuvent être emportées avec la même vîtesse que celles du milieu du courant. Elles sont donc repoussées vers le fond de l'anse, dans une direction à peu près perpendiculaire à celle du courant. Arrivées à un plus grand éloignement, elles acquièrent un mouvement opposé à celui du courant principal. Enfin, elles se rapprochent de ce courant, et s'y confondent. Tous ces divers mouvemens s'exécutent par une espèce de mouvement circulaire, ou de tournoiement.

L'action de ces courans dans des masses d'eau aussi considérables qu'elles l'étaient avant l'apparition des continens, devait être immense; rien ne gênait leurs mouvemens à leur surface, puisqu'aucun continent n'était découvert. Ils étaient donc emportés d'un cours rapide et uniforme dans leurs différentes directions, comme l'était la masse de l'atmosphère.

Mais ces courans, dans leurs parties inférieures, éprouvaient différens obstacles à raison des terrains qu'ils rencontraient à une plus ou moins grande profondeur, et suivant que ces terrains formaient des plaines, des montagnes, ou des vallées plus ou moins éloignées de la surface des eaux.

a. Ils sillonnaient des plaines, et y creusaient des vallées.

b. Leur action se faisait sentir avec plus de force dans les vallées, parce que leur cours y était resserré; *ces vallées en étaient donc élargies.*

Lorsque la direction de la vallée se contournait, elle pouvait changer celle du courant comme il arrive dans plusieurs détroits.

c. Mais l'action des courans était encore bien plus puissante contre les montagnes, dont les sommets étaient plus près de la surface de leau; *elles en furent plus ou moins dégradées.*

Les courans, dont l'impétuosité était fort grande, divisèrent les terrains et les couches qui les formaient; des plaines, des coteaux, composés, par exemple, de gneis, de schistes micacés, du hornblende, de calcaires primitifs...., furent sillonnés plus ou moins profondément; il s'y forma des vallées; on retrouve sur les deux parois de cette vallée à-peu-près les mêmes couches: *des angles rentrans sont égaux aux saillans.*

C'est de cette manière qu'on peut concevoir que plusieurs vallées des terrains primitifs ont été creusées: on retrouve sur leurs côtes opposées et à la même hauteur, des terrains à-peu-près de la même nature.... Cependant, il y a un très-grand nombre d'exceptions à cette loi générale.

Une grande partie de ces substances détachées par l'action des courans, fut transportée à des distances plus ou moins considérables, sous forme de galets, de cailloux roulés, de sable, de matières terreuses...., ce qui forma des terrains d'alluvion dans les terrains primitifs.

Quelquefois, ces détritus furent agglutinés postérieurement par différens ciments: ils formèrent des brèches, des poudings.... qui varièrent, et à raison des pierres agglutinées, et à raison du ciment, tels sont ceux de la valorsine....

La cristallisation des terrains primitifs n'était pas achevée: les eaux contenaient encore en dissolution quelques-uns des

principes dont ils étaient composés ; il se formait donc quelques nouvelles couches ; l'action des courans influa sur la manière dont elles se déposaient, ils purent y mélanger des galets, des sables, des pouddings....

Quelques-unes de ces couches, formées par des courans aussi rapides, furent plus ou moins inclinées et approchèrent presque de la verticale ; ce fut l'effet de la violence du courant. C'est ainsi qu'on peut expliquer l'origine de plusieurs couches inclinées, qu'on observe dans les terrains primitifs, comme dans les environs du Mont-Blanc, du col de Trient...., ces couches sont de schistes micacés, de schistes primitifs....

Saussure a observé au Buet de pareilles couches de galets, de grès...., alternant avec des couches d'une roche composée d'un mica rougeâtre et de grains de quartz transparent ; ces couches sont très-inclinées. (*Voyage dans les alpes,* 585 à 587) les courans ont certainement concourru à leur formation.

Les Pyrénées et toutes les grandes chaînes de montagnes, présentent également un grand nombre de ces couches inclinées, dont quelques-unes approchent plus ou moins de la verticale.

Quelques physiciens ont prétendu que l'action des courans ne s'étendait qu'à une très-petite profondeur ; mais les faits paraissent contraires à cette opinion.

Il est constant que tous les grands courans creusent le sol sur lequel ils coulent. Nous dirons, ci-après, que le courant du golfe du Mexique (Golfstrim) a creusé son lit au point que les sondes n'y trouvent plus de fond et s'y *perdent*, suivant le langage des marins.

Bremontier a constaté, par des expériences exactes (1), que

---

(1) *Journal de Physique*, tom. 79, pag. 73.

l'action des courans était assez puissante, à plus de quatre-vingts pieds de profondeur, pour déplacer des pierres pesant douze cents livres.

L'observation prouve que sur toutes les côtes, les eaux de la mer charrient des sables des galets : elles rongent les montagnes, y forment des falaises....

Il n'est donc pas douteux que ces eaux n'agissent sur le fond du sol, sur lequel elles reposent. Mais jusqu'à qu'elle profondeur cette action s'étend-elle? C'est ce que les faits ne décident pas d'une manière précise.

Dicquemare pensait que l'action des eaux était assez puissante sur les côtes du Hâvre, et dans toute la Manche, pour changer le fond de la mer. Il distinguait, en conséquence, deux fonds dans cette mer : l'un qu'il appelait *permanent*, et qu'il regardait comme le véritable fond, et l'autre qu'il appelait *changeant* (1).

Daprès avait étendu cette observation à toutes les mers (2).

Pour prouver leur opinion, ils disent l'un et l'autre que les sondes, jetées à différentes époques dans les mêmes endroits, apportaient des terrains différens. Les marins, ajoutent-ils, en avaient été induits souvent en erreur. Ils croyaient n'être plus dans le même lieu, voyant que la sonde ne rapportait pas la même nature de terrain.

Daprès et *Dicquemare* prétendent, au contraire, s'être bien assurés que la sonde, jetée à différentes époques dans le même endroit, apportait souvent des terrains différens, ce qu'ils attribuent aux dépôts que les eaux charrient continuellement. Ces nouveaux dépôts forment un fond *factice*, qui change chaque fois que les eaux l'emportent pour y apporter de nouvelles subs-

---

(1) *Journal de Physique* de décembre 1775, pag. 438, et novembre 1781, pag. 395.

(2) *Neptune oriental*, par M. Daprès, imprimé en 1775.

tances; et cet effet, ajoutent-ils, a lieu même dans des mers très-profondes.

Les observateurs doivent s'attacher à constater l'exactitude de ces faits.

Les effets des courans généraux ont dû être plus ou moins considérables sur les continens et sur les îles, à raison des circonstances locales. C'est ce que constatent les observations faites en différens lieux, surtout dans les détroits, comme au détroit de Bahama, aux détroits des îles de la Sonde, au détroit de Bass, à la pointe de la Nouvelle Hollande, à la terre de Diémen...

Mais cette action des courans paraît avoir été encore plus considérable dans l'hémisphère austral.

DE L'ACTION DES COURANS DANS L'HÉMISPHÈRE AUSTRAL.

Les continens de cet hémisphère austral ont paru à quelques physiciens, tels que *Lambert*, *Forster*.... avoir été soumis à l'action de courans violens. Ils en supposent deux principaux qui ont existé avant l'apparition des continens.

L'amérique méridionale est terminée par une pointe, qui paraît avoir été déchirée par des courans impétueux; il y a encore des violens courans au cap Horn et au détroit de Magellan... Il s'y trouve plusieurs îles, qui paraissent avoir été séparées du continent, telles que les îles de Feu....

Ces effets, dit-on, ont été produits par un premier courant.

Un autre courant a exercé une action semblable sur les extrémités méridionales de l'Afrique et de l'Asie.

La pointe du cap de Bonne-Espérance paraît également avoir été exposée à l'action de violens courans, qui y exercent encore toutes leurs forces. Il y a plusieurs îles...

Madagascar, Anjoram, et toutes les îles adjacentes, paraissent avoir été séparées du continent par l'action des eaux.

L'Asie méridionale offre les mêmes phénomènes. Le cap Gardafui, le cap d'Olmutz, le cap Comorin, le cap de la presqu'île de Malaca, le cap de Sumatra, et toutes les pointes méridionales des diverses iles de l'Archipel indien, celles des Philippines.... paraissent être les effets de l'action des eaux, ainsi que les pointes des îles du Japon...

On peut regarder la mer Rouge, le golfe Persique, tous les détroits qui sont entre les Maldives, les Moluques, les Philippines.... comme des invasions des mers.

La terre de Diémen, à l'extrémité méridionale de la Nouvelle-Hollande, le détroit de Bass.... paraissent aussi avoir été produits par des courans violens. On trouve, dans ces cantons, un grand nombre d'îles, séparées par des détroits, dans lesquels on observe des courans violens.

Il en faut dire autant de la Nouvelle-Zélande...

Toutes les îles, si nombreuses sur la côte orientale d'Afrique, et dans les mers des Indes, depuis les Séchelles, les Maldives, les Moluques, les îles de la Sonde, la Nouvelle-Zélande, les Philippines... jusqu'aux îles Marianes, paraissent avoir été formées par des invasions des mers.

Il en faut dire autant des îles du Japon, des Kourilles, et des nombreuses îles qu'on observe jusqu'au détroit d'Anian, entre l'Asie et l'Amérique.... Elles semblent toutes attester des invasions des mers....

Mais suivons la marche supposée de ces courans.

On suppose un courant général des eaux du pôle austral vers l'équateur, et jusqu'au pôle boréal. Il a exercé son action sur les pointes ou extrémités méridionales de l'Amérique, de l'Afrique, de l'Asie, de la Nouvelle Hollande, de la Zélande.

La partie de ce courant, qui a attaqué la pointe méridionale

de l'Amérique, a coulé entre ce continent et les côtes occidentales de l'ancien continent. Il a creusé en partie la grande vallée, qui sert de bassin à la mer Atlantique.

Il a d'abord été détourné par les côtes du Brésil, et rejeté sur celles du Congo.

Les côtes de Guinée, au cap des Palmes, l'ont dévié de nouveau, et rejeté du côté de Panama.

Il a creusé le bassin du golfe du Mexique....

Arrêté par les côtes de la Louisiane, et celles de la Floride, il s'est porté vers les Bermudes, et a creusé le canal de Bahama. De-là il est allé noyer le banc de Terre-Neuve.

Il s'est ensuite porté jusques vers les côtes du Groenland, en rongeant les côtes de l'Amérique septentrionale, et celles de la Norwège, de la Laponie.... jusqu'au cap Nord.

La seconde partie du courant, après avoir rongé les côtes d'Afrique, d'Asie, et de la Nouvelle-Hollande, s'est également porté au Nord, le long des côtes du Japon, jusqu'au détroit d'Anian.

Les deux courans se sont alors réunis dans les mers du Nord.

Ils se sont jetés dans la grande mer Pacifique, et sont revenus vers le pôle austral, pour y remplir le vide qu'ils avaient occasionné.

Et, alors, il ont repris leur première direction, du pôle austral vers les régions équinoxiales, par l'Atlantique et les mers des Indes.

Il faudrait donc dire dans cette hypothèse, qu'à une époque quelconque il y a eu un courant parti du pôle austral, qui s'est porté avec une grande violence vers les régions équinoxiales et le pôle boréal, pour déchirer toutes les pointes de ces contrées, et y former cette quantité de caps et d'îles qu'on y observe....

Mais qu'est-ce qui aurait pu produire ce courant, et lui don-

ner cette force prodigieuse? On ne connaît aucune cause capable de pareils effets.

Aussi je regarde l'existence de ces courans comme hypothétique : elle n'est appuyée sur aucune preuve. Ce sont des hypothèses vagues, fondées sur la configuration des continens. Mais cette forme des continens me paraît avoir d'autres causes.

Nous avons vu que les grandes chaînes de montagnes des continens n'ont aucune direction déterminée. Les caps, les promontoires.... sont des prolongemens des montagnes, et ne peuvent être regardés comme ayant été produits par des courans.

Le cap Horn, et les terrains adjacens, sont la terminaison méridionale de la grande chaîné des Andes.

Le cap de Bonne-Espérance, les montagnes de la Table.... sont la terminaison des monts Leupàta.

Le cap Comorin est la terminaison des montagnes des Gates.

Le cap de Malaga est la terminaison des montagnes qui forment le bassin des eaux des fleuves le Ménan et le Pégu.

La terre de Diémen est la terminaison de la chaîne des montagnes de la Nouvelle Hollande.

Il en faut dire autant de tous les autres caps.

Or, tous ces caps, toutes ces pointes, ont été attaqués par les flots, comme toutes les côtes.

Il y a des caps, des pointes, dans d'autres directions que celle de ce courant, qui ont été également rongés par l'action des eaux. On en trouve dans la Méditerranée, sur les côtes de Barbarie....

Nous avons vu qu'il y a des courans généraux des eaux des mers des pôles à l'équateur (ci-devant, page 215), et nous en avons assigné les causes. Ce courant paraît plus considérable dans les régions australes, parce qu'il y a moins de terres....

Mais on ne saurait y supposer les courans extraordinaires dont nous venons de parler.

Il est certain qu'il y a dans l'hémisphère austral une plus grande partie de sa surface sous les eaux que dans l'hémisphère boréal. On ne peut en assigner d'autre cause que la cristallisation, ou la formation générale du globe.

Les monts Altaï, les monts du Thibet, les monts Immaüs, les monts Taurus.... sont extrêmement élevés, tandis que les plaines de l'Indostan étaient autrefois couvertes en partie par les eaux.... L'Inde était probablement une île : suivant d'anciennes traditions de ces contrées, on l'appelait *Yambou.*

Puisque la surface de cet hémisphère austral est en partie sous les eaux, il faut que la densité des substances qui composent cet hémisphère soit plus considérable que celle de l'hémisphère boréal : autrement l'équilibre entre ces deux hémisphères ne pourrait subsister.

Ceci est confirmé par les faits. Nous avons vu que l'arc du méridien, au cap de Bonne-Espérance, est plus étendu que celui de l'hémisphère boréal à la même latitude (page 6), ce qui indique un applatissement de cet hémisphère plus considérable que celui de l'hémisphère boréal.

Cet hémisphère présente encore un autre phénomène particulier : il est plus froid que le boréal. Les glaces du pôle austral sont plus considérables et plus rapprochées de l'équateur.... Cependant son niveau étant plus bas, et étant couvert en plus grande partie par les eaux, sa température devrait être plus élevée. L'Irlande, le Dannemarck... quoiqu'à une assez haute latitude, celle de cinquante-cinq degrés, jouissent d'une assez douce température, parce que ce sont des contrées presqu'au niveau de la mer....

On ne peut donner des explications satisfaisantes de ces faits par ceux que nous connaissons. Il faut en attendre de nouveaux.

DE LA NATURE ET DES EFFETS DES COURANS GÉNÉRAUX DES EAUX DES MERS APRÈS L'APPARITION DES CONTINENS.

L'apparition des continens modifia singulièrement les mouvemens des eaux de l'Océan, sans néanmoins les changer : les phénomènes, qui en furent la suite, varièrent dans les différentes époques de cet abaissement du niveau des eaux.

Les premiers pics qui sortirent du sein de l'Océan, tels que les sommités des Andes, celles de l'Altaï, de l'Immaüs, du Taurus, des Gates, des Ourals, des Alpes, des Pyrénées, de l'Atlas, de Leupata..., formèrent des obstacles aux divers courans : quelquefois ils purent les arrêter, d'autres fois ils ne firent que les dévier.

Ces pics furent alors exposés à toutes les fureurs des vents, et à toute l'impétuosité des courans des eaux; ils furent donc plus ou moins dégradés et leur hauteur diminua....., et elle continue de diminuer jusqu'à ce que leur pente soit douce, c'est-à-dire, soit arrivée à environ quarante degrés.

Ceux situés dans le grand courant Alizé d'*est*, furent attaqués particulièrement de ce côté; ceux qui étaient situés dans les autres courans, à raison de leurs diverses latitudes, le furent également de chacun des côtés de ces courans, tandis que les parties qui n'étaient pas exposées aux courans, souffrirent moins.

Les courans, soit ceux de l'atmosphère, soit ceux des eaux, qui frappèrent contre ces pics, en furent ralentis; quelquefois leur direction en fut déviée, pendant quelques instans, par les sinuosités des vallées.

Le grand vent alizé d'est, par exemple, qui vient de dessus l'atlantique, est arrêté par la chaine des Cordilières, et il ne

reparaît sur la mer du sud qu'à près de deux cents lieues des côtes du Pérou.

Toutes les grandes chaînes de montagnes produisent des effets analogues.

Les courans des eaux furent également déviés par les mêmes obstacles ; les grandes chaînes de montagnes en changèrent le cours. C'est ainsi que le grand courant alizé de l'océan atlantique est arrêté par le continent de l'Amérique, et se dévie, soit au nord dans le golfe du Méxique...., soit au sud sur les côtes du Brésil, du Paraguai.

Les eaux, dans ces grands mouvemens, déplacèrent des portions plus ou moins considérables des terrains qu'elles attaquaient. Elles les réduisirent en galets, en sables.... et furent les déposer dans les plaines, dans les vallées... et jusques sur les flancs des montagnes.

Lorsqu'un ciment quelconque agglutina ces galets, il se forma des pouddings, des brèches...

Ces courans purent également charrier des portions de différens terrains tenus en dissolution par les eaux ; ils les déposèrent pareillement, soit dans les plaines, soit dans les vallées, soit sur le flanc des montagnes, et y formèrent de nouvelles couches cristallisées ou non-cristallisées, qui varièrent suivant la nature des matières détachées, granits, porphyres, gneis, hornblendes, schistes, calcaires primitifs, argiles, terres smectites....

Mais les continens, se découvrant de plus en plus par l'abaissement des eaux, formèrent enfin de grandes chaînes qui arrêtèrent les courans sur une étendue plus ou moins longue. Ces courans frappèrent alors, avec toutes leurs forces, contre ces continens qui en furent plus ou moins dégradés.

Au milieu de ces chaînes de continens, il se trouva des parties moins élevées : les courans des eaux s'y précipitèrent, comme par un *pertuis*. Elles en rongèrent les parois, et aggran-

dirent les échancrures plus ou moins, suivant les circonstances locales.

L'échancrure, par exemple, que présentent, à Panama, les chaînes de l'Amérique septentrionale et celles de l'Amérique méridionale, fournit un passage aux courans de l'Atlantique, qui, en se précipitant, à cette époque, dans la mer du Sud, creusèrent de plus en plus cette gorge, et y formèrent des pics isolés.

La même observation peut se faire tout le long de la chaîne des Andes qui présentent plusieurs pertuis semblables.

Les autres grandes chaînes des montagnes du globe offrent les mêmes phénomènes. La grande chaîne des Gates, qui, depuis Ceylan, traverse l'Inde, et se propage jusqu'aux montagnes du Thibet, présente un grand nombre de ces pertuis. L'Inde paraît avoir formé une île appelée *Y[illegible]bou*, et avoir été séparée du continent au dessus de Radja-Mal.

L'île de Ceylan en est encore séparée.

Les îles Marianes, les Philippines, les Moluques, celles de la Sonde.... sont séparées par des détroits assez étroits, et qui ont été certainement élargis par les courans.

« Aux Philippines, dit *Romme*, un courant vient de la mer » Pacifique et de la partie du N. E. Il traverse, comme un *tor-* » *rent*, les canaux qui séparent ces îles nombreuses. Il s'avance » de-là vers la Chine, et on l'a trouvé près de ces îles, portant » au Nord, avec une vîtesse de 20 milles par jour (1) ».

(1) Romme, *Tabeau des vents, des marées et des courans*, t. 1, p. 250. C'est un recueil précieux de faits extraits des voyageurs, qu'il faut consulter.

Puisque le courant d'est traverse, comme un torrent, les détroits qui séparent les Philippines, il n'est pas douteux qu'il ne creuse beaucoup ces détroits et ces vallées ; et si les mers venaient à s'abaisser, dans ces parages, on verrait tous les bords de ces vallées coupés, creusés.... comme le sont les sommités des hautes chaînes de montagnes, par exemple, les chaînes du Mont-Blanc appelées *aiguilles*....

« Dans le golfe de Tonkin, des courans font de 30 à 60 » milles au sud, en vingt-quatre heures ». *Romme*, tom. 1, pag. 250.

« Le courant du golfe du Mexique, dit *Volney*, s'est creusé, » au fond de l'Océan, *un lit très-profond*, car les sondes y per- » dent terre, ou deviennent tout-à coup très-longues ». *Tableau du climat et du sol des Etats-Unis*, tom. 1, pag. 232.

De pareils courans ont donc pu creuser, ou au moins aggrandir le canal qui sépare les côtes de France de celles d'Angleterre, celui de Gibraltar, celui de Messine, le Sund....

C'est encore à cette cause que sont dues en partie ces hautes falaises qui bordent les côtes des mers, du côté où sont leurs principaux courans, comme je l'ai prouvé ailleurs. (Théorie de la Terre).

Tous ces pics isolés, décharnés, qui furent formés par ces courans, ont ensuite été dégradés par les frimats, les eaux courantes pluviales.... et ont perdu beaucoup de leur élévation. Leur abaissement continuera, jusqu'à ce que leur pente soit réduite à moins de 45°.

Les terrains qui formaient les parois de ces pertuis et de ces vallées furent donc divisés, et on en aperçoit encore les débris des deux côtés des nouvelles vallées qui furent creusées à cette époque.....

Les *êtres organisés* commencèrent à paraître sur la portion des

continens qui était découverte. Leurs dépouilles, charriées dans le sein des mers, furent déposées au milieu des couches secondaires qui se formaient.

Les courans produisirent sur ces terrains les mêmes effets que sur les terrains primitifs. Ils en ravinèrent les plaines, y creusèrent des vallées, élargirent les vallées existantes, dégradèrent les montagnes, et formèrent de nouvelles couches plus ou moins inclinées.

Enfin les eaux continuant de s'abaisser, des continens formèrent des chaînes qui se trouvèrent entièrement au-dessus du niveau des mers; les grands courrans se trouvèrent donc arrêtés par ces espèces de chaussées, ou levées, et ils furent obligés de prendre de nouvelles directions.

Les courans alizés des eaux de l'Atlantique, par exemple, furent arrêtés par les chaînes des Andes. Ils ne purent plus arriver à la mer du Sud : ils furent donc obligés de refluer latéralement vers les deux pôles.

La portion de ce courant, qui était dans l'hémisphère austral, alla frapper contre les côtes du Brésil, et coula vers le pôle austral, ce qui établit un nouveau courant dans cette direction, lequel se prolongea jusqu'au détroit de Magellan.

Anson a observé ce courant depuis l'île Sainte-Catherine jusqu'à la terre des Etats. Il pense que ce courant se prolonge le long de la côte du Brésil avec une vîtesse de trente milles par jour. Par le travers de Rio de la Plata, sa vîtesse était encore de quatorze milles par jour. Ce courant, après avoir doublé le cap Horn, s'avance vers la terre des Etats, dans le nord-est : il élonge sa côte australe, et sa vîtesse devient si rapide, *qu'il a l'apparence d'un torrent.*

Vankchlen dit aussi que sur ce même espace, le courant se dirige au sud-sud-ouest en suivant la côte, et que dans le sud du

détroit de Magellan sa direction devient sud-est et sud-sud-est (1).

L'autre portion du courant alizé de la mer Atlantique, celui de l'hémisphère boréal, est arrêté par les côtes de la Guyane et celles de la Terre-Ferme; il coule, au nord, dans le golfe du Mexique; il y fait une espèce de mouvement demi-circulaire, et se porte vers les côtes de la Floride. Alors, il entre dans le canal du Bahama, et côtoyant, au nord, les rivages des Etats-Unis, il se porte vers le banc de Terre-Neuve, dont il paraît avoir formé, ou au moins augmenté les attérages par la quantité de sables et autres substances qu'il charrie.

Ce courant parcourt depuis deux jusqu'à cinq milles par heure.

Sa largeur, sur les côtes des Etats-Unis, est en général de quinze lieues.

Il laisse, entre lui et la côte des Etats-Unis, un *eddy*, ou contre courant, qui a environ vingt lieues de largeur.

Arrivé à la hauteur de Terre-Neuve, le courant change sa direction, et se porte d'Occident en Orient vers les Açôres et les côtes d'Europe.

Il est souvent couvert des diverses plantes qu'il apporte jusques sur les côtes d'Europe, en Irlande....

Le courant, arrivé sur les côtes d'Europe, rencontre le courant qui vient du Nord; il se confond avec lui, et se porte vers les contrées équinoxiales. Il y remplace le vide qu'y fait le courant alizé d'*est*, et se confond avec lui.

Tous les navigateurs qui partent d'Europe pour aller vers les

(1) Romme, *Tableau des vents, des marées et des courans*, tome 1.

contrées équinoxiales, rencontrent ce courant venant du Nord; il les porte aux Canaries, et delà vers l'équateur.

Une petite portion du courant qui vient de Terre-Neuve en Europe, se porte au Nord, parce qu'il se confond avec les *courans des côtes.*

Car c'est une observation générale, que les grands courans, soit ceux de l'atmosphère, soit ceux des eaux des mers, changent de direction proche des côtes, ce qui produit des *eddys*, ou *contre courans*; c'est ce qu'on appelle *vents des côtes*, et *courans des côtes.* Sur toutes les côtes, en général, on rencontre des *eddys* contraires au courant principal. Les exceptions qui ont lieu quelquefois à cette loi générale, tiennent à des causes locales.

Une observation interressante qu'on a faite dans le courant du golfe du Mexique, c'est que ses eaux ont une chaleur assez considérable : elles la perdent peu à peu en se portant au Nord. Ce fait prouve que ce sont les eaux elles-mêmes très-chaudes des tropiques (comme l'air) qui sont transportées au Nord, et que ces courans ne sont pas seulement les effets de mouvemens particuliers, excités dans les eaux par l'action des vents.

Les courans du golfe du Mexique sont si intéressans pour l'objet que je traite, que je vais rapporter ce qu'en ont dit des voyageurs instruits.

« La surabondance des eaux de ce courant, dit Volney (1), » après avoir tournoyé sur les rivages du Mexique, de la Loui- » siane et de la Floride, s'échappe à la pointe de la presqu'île, » sous la protection et à l'abri de la terre de Cuba et des nom- » breux écueils et îles Lucayes, qui, de ce côté, rompent les

(1) *Tableau du climat et du sol des Etats-Unis*, tome 1, pag. 230 et suivantes

» vents de nord-est, en le heurtant de front, le rendent plus » saillant, et comme disent les marins, creusent tellement sa » vague, que les navires à un seul pont et à haut bordage, » courent risque de *sombrer* sous les fortes lames qu'ils em- » barquent.

» 8. On entre sur son domaine, quand on voit la couleur de » l'eau devenir *bleue-indigo*, au lieu de bleue-ciel qu'elle est » en plein océan, et de verdâtre ou olivâtre qu'elle est du côté » de terre, sur les sondes de la côte. Cette eau, vue dans un » verre, est sans couleur comme sous les tropiques, et d'une » salure plus forte que l'eau de l'Atlantique qu'elle traverse.

» 9. Beaucoup d'herbes sur l'eau n'assûrent pas la présence » du courant, elles en sont seulement l'indice.

» 10. L'on sent son atmosphère plus tiède que celle de » l'Océan... En hiver, la gelée fond sur le pont du vaisseau qui » y entre ; l'on se trouve assoupi et l'on étouffe de chaleur dans » les entreponts.

» Quelques expériences donneront des idées fixes de cette » température.

» Au mois de décembre 1789, M. Jonathan Williams, parti » de la baie de Chesapeak, observe que le mercure marquait » dans l'eau de l'océan.

	Furenh.	Réaum.
» 1°. Sur les sondes ou bas-fonds de la côte . .	47°	6 $\frac{2}{3}$
» 2°. Un peu avant que d'entrer dans le cou- » rant	60	12 $\frac{2}{3}$
» 3°. Dans le courant	70	17 $\frac{1}{4}$
» 4°. Avant Terre-Neuve dans le courant . .	66	15 $\frac{1}{4}$
» 5°. Sur Terre-Neuve hors du courant . .	54	10
» 6°. Au-delà du banc, en pleine mer . . .	60	12 $\frac{2}{3}$

» 7°. En approchant des côtes d'Angleterre il

» baissa graduellement à . . . . 48 7 $\frac{2}{7}$

» En juin 1791, le capitaine Billing, allant » en Portugal, observa à son départ sur la côte » d'Amérique et dans les eaux des sondes. . . 61 13

» Puis dans le courant 77 20

» Différence 7 R.

» En hiver, M. Williams avait trouvé 47 et 70. Différence » 23 Far. ou 10 R.

» Ce que je viens d'exposer de la marche du courant du golfe » méxicain, devient un moyen satisfaisant d'expliquer deux » incidens d'histoire naturelle, dignes de remarque, sur la » côte des États-Unis.

» 1°. Admettant, comme je l'ai avancé, que le courant est » la cause des attérrissemens qui bordent son lit, par l'abandon » que son remous y fait des matières charriées, l'on trouve une » raison naturelle et simple de la présence des produits fossiles » du tropique, à des latitudes très-avancées vers le nord. Il est » très-probable que les bancs de coquilles pétrifiées, décou- » vertes en fouillant et sondant les rivages de l'Irlande (1), et » qui n'ont leurs analogues que vers les Antilles, doivent leur » origine à cette cause, ou toute autre semblable.

» En considérant la dilatation du *courant*, sur ce même » banc de Terre-Neuve, comme l'embouchure de cette espèce » de fleuve marin, l'on obtient une raison plausible de l'affluence » des morues à cet endroit, parce qu'elles y trouvent plusieurs » substances végétales et animales, charriées par les fleuves » nombreux des États-Unis, et qui y sont apportés par le » courant.

---

(1) *Transactions philosophiques*, tom. 10 et 19.

» Au moment où cette feuille s'imprime, ajoute *Volney*,
» dans une note, pag. 239; je reçois, des États-Unis, le cinquième volume des Transactions de la Société de Philadelphie, et j'y trouve, pag. 90, un mémoire de M. Strickland, » qui, par une série d'observations faites en 1794, allant et » revenant d'Europe, confirme tout ce que j'ai exposé sur les » indications du thermomètre. L'auteur ajoute qu'il a reconnu » une branche du *golf-strime*, dans la direction de l'île Jaquet; » et il insiste sur la probabilité du transport des fossiles tropicaux de la côte d'Islande, par les eaux de ce même courant ».

Romme donne une histoire assez détaillée du courant du golfe du Mexique.

« Le long de la côte du large de l'île de Cuba, dit-il (tom. 1, » pag. 223), les courans portent à l'ouest, près du cap Saint-Antonio, et des Colorados, ils *forment des tourbillons*. Incertains dans ces parages, et au large, ils se portent à l'*est*, dans » le voisinage de la côte, avec une vitesse qui est quelquefois » de deux milles et demi à l'heure; mais, près de l'extrémité » S. O. des Colorados, il y a un *eddy*, qui, dans l'est de cette » partie, porte dans l'ouest....

» *Courant de la Floride dans le canal de Bahama et au nord de* » *ce canal.* Les sources de ce courant sont les eaux que le vent » alizé chasse devant lui, jusqu'au golfe du Mexique. Plusieurs » courans partiels forment celui de la Floride. L'un, avec une » vîtesse assez considérable, élonge la côte d'Amérique, depuis » le cap Saint-Augustin du Brésil, jusques au cap Catoche, et » suit une direction qui varie au N. O. ¼ O. et au O. N. O., pour » se jeter dans le golfe de Mexico. Un autre courant, produit » par la même cause, s'avance directement vers ce golfe, en » parcourant les canaux qui séparent les Antilles, et en passant » aussi entre l'île de Cuba et Yucatan. Enfin, il y a celui qui

» suit le vieux canal de Bahama. Ces courans, arrêtés successi-» vement et par l'île de Cuba, et par le grand banc de Bahama, » se portent d'abord dans l'*est*, pour se détourner bientôt vers » le nord.... Le *mouvement circulaire* des eaux arrivées de l'est sur » le contour du golfe du Mexique, est démontré par l'obser-» vation.....

» Le courant principal change de direction de l'E. N. E. au » nord, suivant les lieux qu'il parcourt entre l'île de Cuba et la » Floride, et dans le canal de Bahama. D'abord il s'avance à » l'*est*, auprès des Tortugas; détourné par les îles et les bancs » de Bahama, il se dirige vers le nord. Au-delà du cap de la » Floride, sa direction est au N. E., et il tourne de plus en » plus à l'*est*, à mesure que le courant se porte au-delà des » bancs de Nantucket; et près de l'île *Marthas-Vinehard*, il y » a des tourbillons d'eau, dans les lieux où des bancs croisent » des canaux. Là, le courant porte dans le sud de l'*est*, et, par » degrés, il vient se perdre dans l'Océan Atlantique, près des » îles Açores, (c'est-à-dire, par les 40 degrés de latitude).

» Ce courant, en se jetant dans l'Océan, et dans sa course » au milieu de cette mer, se fait remarquer, soit par un grand » clapotis sur ses bords, soit par sa température plus élevée en » général de 5 à 6 degrés Farenh, 2 à 2 ½ Réaumur, que celui » des eaux de l'Atlantique.....

» Dans le canal de Bahama, ce courant est rapide de manière » à entraîner, hors du canal, les vaisseaux qui auraient vent de-» bout. Sa plus grande vîtesse est remarquable au milieu de son » lit, et elle varie de 4 milles à 2 ½ milles par heures. Les vents » contraires augmentent cette vîtesse, et poussent la mer de » telle sorte, que les vaisseaux ne peuvent y résister.

» Le courant, en s'avançant dans l'Atlantique, perd progres-» sivement de sa vîtesse et de sa chaleur.

» Sur les sondes de la côte d'Amérique, comme au-dedans

» du canal de Bahama, il y a, entre le courant principal et la » terre, un *eddy*, ou contre-courant, qui porte généralement » au sud, à raison d'un mille ou demi-mille à l'heure, et ce- » lui-ci a un lit plus large que le courant principal dirigé au » nord-est ».

J'ai donné ces détails sur le *golfe-strime*, parce que ce courant très-intéressant a été bien observé.

Les courans alizés des eaux des mers du Sud produisirent les mêmes effets que ceux des eaux de l'Atlantique. Ils furent arrêtés en partie par les îles Marianes, les Philippines, celles de l'Archipel indien, et par une portion du continent de l'Asie, savoir les côtes méridionales de la Chine, la presqu'île de Malaca... l'île de Sumatra, celle de Borneo, la Nouvelle Guinée, la Nouvelle Hollande, la Nouvelle Zélande....

a. La partie de ce grand courant alizé, dans l'hémisphère boréal, reflua vers les régions polaires, sur les côtes du Japon... delà elle changea de direction, et fut poussée d'occident en orient par les latitudes de 40 à 50 degrés, où elle arriva sur les côtes de la Californie. Elle rencontra le courant du Nord, qui la porta vers les régions équinoxiales, à Acapulco.

Les navigateurs qui partent d'Acapulco pour aller aux Philippines, suivent les contrées équinoxiales ; mais pour revenir à Acapulco, ils sont obligés de remonter vers les 40 à 50 degrés de latitude, nord, où ils trouvent le courant d'Orient en Occident qui les ramène sur les côtes de la Californie ; le quatrième courant, celui du Nord, les porte ensuite à Acapulco.

L'autre partie du grand courant alizé de la mer du Sud, celui de l'hémisphère austral, est divisé par les côtes de la Nouvelle Guinée, de la Nouvelle Hollande, et se porte vers le pôle austral. Arrivé à la latitude de 40 à 50 degrés, il prend une nouvelle direction d'Orient en Occident, qui le porte sur les côtes

du Chili ; il rencontre alors le courant qui vient du pôle sud, et le ramène vers les régions équinoxiales. Mais il paraît qu'une petite partie de ce courant continue à se porter au pôle sud, comme nous avons vu qu'une partie du courant de l'Atlantique, qui vient de Terre-Neuve, continue à se porter au Nord, sur les côtes septentrionales de l'Europe.

Les navigateurs, pour revenir de Botany-Bay, font voile vers le pôle sud pendant quelques instans, jusqu'au delà de 40 degrés de latitude. Ils rencontrent le courant qui les porte sur les côtes du Chili : ils doublent le cap Horn pour entrer dans l'Atlantique.

Mais en se rapprochant des côtes du Chili, on trouve un courant de côte très-large, qui porte vers les régions équinoxiales, jusques aux parages de Lima....

Les courans que nous venons de décrire dans l'Atlantique et dans la mer du Sud, s'observent également dans l'Océan indien ; mais avec des modifications particulières, qui dépendent des circonstances locales.

Les côtes, qui arrrêtent et dévient le grand courant alizé des eaux de la mer du Sud, ne forment pas une chaîne continue comme le continent de l'Amérique. Ce courant pénètre à travers les détroits de ces îles, et peut encore se faire sentir dans l'Océan indien ; il se porte sur les côtes orientales d'Afrique, celles d'Ajan, du Zanguebar, du Monomotapa....

Les vents alizés d'*est*, de ce même Océan indien, influent, comme dans les autres mers, sur ce courant des eaux. Mais on sait que ce vent alizé de ces mers est singulièrement modifié par les vents particuliers appelés *moussons*, qui varient suivant les saisons : ils soufflent six mois, depuis avril jusqu'en septembre, au sud-sud-ouest, et six autres mois au nord-nord-est ; les courans des eaux y éprouvent donc les mêmes modifications.

Tous ces faits résumés, qui ont été bien constatés par les na-

vigateurs, prouvent qu'actuellement les eaux éprouvent en général quatre courans principaux, analogues à ceux de l'atmosphère.

a. Le premier est le courant alizé d'*est*, qui porte les eaux d'Orient en Occident avec une vîtesse assez considérable... « Car » les courans de Madère, aux îles du Vent, dit Romme, tom. 1, » page 214, sont estimés porter au nord-nord-est et nord-» nord-ouest, et faire entre les tropiques environ quinze milles » par jour. »

b. Le second courant, qui dévie du premier à une certaine distance des côtes, porte les eaux des régions équinoxiales vers les régions polaires, soit au nord, soit au sud.

Nous avons vu que le *golfe-strime*, ou courant du golfe du Mexique, parcoure depuis deux jusqu'à cinq milles par heure.

c. Le troisième, qui a lieu par 40 à 50 degrés de latitude, a une direction contraire à celle du premier, c'est-à-dire, qu'il porte les eaux d'Occident en Orient jusques par les 40 à 50 degrés de latitude.

d. Le quatrième courant vient des pôles, et a une direction contraire à celle du second; il porte les eaux des régions polaires aux régions équinoxiales, jusques par les 60 à 50 degrés de latitude. Il charrie les glaces dans l'hémisphère boréal jusques au banc de Terre-Neuve, et delà elles sont portées jusques du côté du tropique.

Le même transport des glaces a lieu dans l'hémisphère austral.

La masse des eaux des mers, *avant l'apparition des continens*, avait donc des mouvemens semblables à ceux de l'atmosphère; car nous avons vu que celle-ci a également quatre mouvemens généraux analogues.

Les causes des courans, ou mouvemens des eaux des mers, sont les mêmes que celles des mouvemens de l'atmosphère. Un courant général les transportait d'Orient en Occident, sous les

régions équinoxiales ; des courans latéraux du nord et du sud venaient se confondre avec celui-ci.

Ceci suppose un troisième mouvement pour remplacer les eaux qui venaient des pôles. C'était un courant inférieur, qui, à une certaine latitude, avait lieu au fond des mers, et reportait les eaux aux pôles. Les eaux des régions polaires étant plus froides que celles des régions équinoxiales (1), sont plus pesantes. Lorsque ces eaux polaires arrivent à un certaine latitude, celle de 50 degrés environ, rencontrant des eaux moins froides et plus légères, elles se précipitent au fond des mers pour gagner les régions équinoxiales : elles y produisent le froid qu'on y observe.

Ce courant correspond à celui de l'atmosphère, qui, rasant la surface de la terre, apporte, des régions polaires, un air froid, qui remplace l'air chaud que sa légèreté a fait élever sous les régions équinoxiales.

Mais *après l'apparition des continens*, et dans l'état actuel, les courans des mers changèrent, parce qu'ils furent arrêtés par divers continens.

Celui des eaux de l'Atlantique est arrêté par le continent de l'Amérique. Il se porte, d'un côté, au nord, le long des côtes des Etats-Unis, et de l'autre, au sud, vers le détroit de Magellan, et reporte une partie des eaux vers les pôles.

Le grand courant alizé des eaux reparaît sur la mer Pacifique, à deux cents lieues des côtes de l'Amérique. Il est arrêté, en partie, par les Philippines, la Nouvelle Hollande.... et se dévie au nord et au sud vers la Californie et le Chili....

Une autre partie de ce courant passe au travers des détroits

---

(1) La température des eaux de la mer à la surface, est de 20 degrés sous l'équateur, et de zéro aux régions polaires.

des îles Moluques, de la Sonde.... et se porte sur les côtes d'Afrique. Mais arrêté par ce continent, il en longe les côtes, et se porte, soit au nord, soit au sud.

Ce sont ces différens courans latéraux qui reporteut vers les pôles les eaux qui étaient venues des régions polaires ; et c'est ainsi que se trouve rétabli l'équilibre dans la masse des eaux de l'Océan.

Les courans *particuliers* qu'on a supposés dans l'hémisphère austral, comme nous avons vu ci-devant (page 224), n'existent pas. Ce sont les courans qui viennent du pôle austral, et qui ont un peu plus de force que ceux qui viennent du pôle boréal.

DES COURANS DES COTES.

Il y a, le long de toutes les côtes, des courans des eaux entièrement opposés aux courans généraux des eaux des mers, ou des espaces de remous.

Ce sont les *eddys*, ou contre-courans, dont nous avons vu plusieurs exemples dans la description du golfe-strime et autres grands courans...

Ces *eddys* des eaux correspondent à des courrans analogues qu'on aperçoit dans l'atmosphère.

Car on observe que, dans les grands vents, il y a toujours des courans opposés, ou *eddys*. La masse d'air qui est emportée comme un courant, éprouve, à ses parties latérales, une espèce de remous, c'est l'*eddy*.

Ces eddys, ou contre-courans des eaux, sont produits par les mêmes causes que les eddys de l'atmosphère. Ils sont également les effets de remous latéraux plus ou moins violens.

Les courans principaux des détroits sont situés ordinairement au milieu du détroit ; mais le plus souvent il y a des eddys aux parties latérales.

DES MOUVEMENS PARTICULIERS DES EAUX DES MERS, ET DE LEURS EFFETS DANS L'ÉTAT ACTUEL.

Ces quatre mouvemens généraux de la masse des eaux sont ensuite modifiés par la nature des côtes, des détroits, des caps, des promontoires, des anses, des baies... comme nous l'avons vu en parlant des marées. Ces courans particuliers sont encore produits par plusieurs autres causes, dont quelques-unes même ne sont pas connues.

a. Des *caps*, des *détroits*... changent la direction des grands courans. Un détroit, par exemple, a son ouverture à l'Occident, et il se détourne ensuite vers le Nord; le courant alizé qui entrera dans ce détroit y sera donc réfléchi au nord.

Tous les détroits nombreux, qui se trouvent entre les différentes îles, présentent continuellement ces accidens.

Les navigateurs savent que les caps changent toujours la direction des courans. Ils ne doublent jamais un cap, tel que celui de Bonne-Espérance, le cap Horn... sans éprouver de ces changemens de courans, qui rendent leur navigation plus ou moins périlleuse, et les obligent à prendre des pilotes côtiers.

b. Des vents particuliers, tels que des brises de mer, de côtes.... et enfin les différens vents variables dont nous avons parlé, tels que les moussons des mers des Indes.... produisent des courans particuliers dans les eaux des mers. On en voit des exemples continuels dans les recueils des observations des navigateurs.

c. L'embouchure des grands fleuves, dans les mers et dans les lacs, y produisent également des courrans particuliers plus ou moins violens.

d. Des fleuves souterrains qui aboutissent dans les mers, peu-

vent égalcment en troubler l'équilibre, et y exciter des courans par les mêmes causes que nous venons d'exposer.

e. On avait encore assigné, pour causes des courans des mers, des *gouffres*, dans lesquels on supposait que les eaux se précipitaient pour gagner l'intérieur du globe. On citait particulièrement le fameux Maëstron, sur les côtes de Norwège; mais aujourd'hui que ce courant est bien connu, il se réduit à peu de chose.

Il est assez vraisemblable qu'il existe, dans l'étendue des mers, des lieux par lesquels l'eau gagne l'intérieur du globe; mais, jusqu'ici, on n'en connaît aucun qu'on puisse assurer servir à cet usage. Le Maëstron est un espace où les eaux éprouvent une espèce de tournoiement. Ce mouvement peut être occasionné effectivement par une absorption des eaux qui s'engloutiraient dans des cavernes intérieures. Mais il peut également être produit par des courans opposés, ainsi qu'on l'observe chaque jour dans le cours des fleuves, en certaines circonstances.

f. Des trombes, sur la surface de la terre, produisent de ces tournoiemens, et élèvent, à une plus ou moins grande hauteur, de la poussière, du sable....

Des trombes qui arrivent sur mer, y produisent les mêmes phénomènes, élèvent les eaux, et troublent l'équilibre....

g. Les tempêtes, les tornades.... si communes dans les mers de l'Archipel indien et celles de la Chine.... en troublent l'équilibre, et y causent des courans momentanés plus ou moins considérables....

h. Les éruptions des volcans, qui sont situés proche des mers, troublent également l'équilibre de leurs eaux; elles y produisent ordinairement un double mouvement. Les eaux, par une première impulsion, sont repoussées loin de la côte; mais un second mouvement les ramène et les élève souvent à une hauteur considérable. Dans l'éruption des volcans d'Avatcha,

en 1737, les eaux furent d'abord éloignées du rivage ; mais elles revinrent sur elles-mêmes avec une telle violence, qu'elles s'élevèrent à plus de deux cents pieds au-dessus de leur niveau ordinaire.

La même chose a eu lieu sur les côtes de la Calabre, en 1783. Les eaux furent d'abord éloignées du rivage par les secousses souterraines ; elles revinrent ensuite avec violence, inondèrent la côte, et noyèrent plus de douze cents personnes, qui s'étaient retirées sous le rocher qu'on appelle *Sylla*.

i. Les feux sous-marins produisent des courans encore plus considérables, puisque toute leur action s'exerce dans le sein des eaux. On les a vus soulever des îles plus ou moins étendues, comme celles de Délos, de Santorin.....

Les eaux des mers, proche des Açores, lors du tremblement de terre de Lisbonne, en 1755, furent repoussées si loin du rivage, qu'on découvrit, au fond de la mer, des rochers qui étaient inconnus aux navigateurs.....

En 1782, les flots furent soulevés à une telle hauteur, sur les côtes de l'île Formose, qu'elle en fut toute inondée.

Dans l'éruption du volcan de Avatcha, au Kamtchatka, en 1737, les eaux parurent se retirer de dessus le continent, de plusieurs pieds ; mais elles revinrent bientôt sur elles-mêmes, avec une telle violence qu'elles s'élevèrent, sur la côte, de plus de deux cents pieds, et inondèrent toute cette plage.

k. Les eaux des mers présentent un autre phénomène, qui mérite toute l'attention du physicien. Du côté de Cette, d'Aiguemorte.... où il y a beaucoup de marais salans, on aperçoit, dans certains tems de l'année, que les eaux semblent se retirer. C'est surtout dans les années très sèches, au mois d'août, qu'on observe que les eaux de la mer ne sauraient remplir les marais salans, comme elle le fait ordinairement.

On ne saurait cependant dire que la sécheresse diminue les

eaux de la mer, d'une quantité sensible. Cet effet tient donc à une autre cause. Dans cette saison, à l'époque des sécheresses, il règne constamment un vent du nord. Ce vent pousse les eaux en haute mer, et les éloigne, par conséquent, des côtes de Cette, d'Aiguemorte.....

Dans le golfe de Venise, on observe, dans les saisons sèches, une retraite semblable des eaux. Elles paraissent s'abaisser de deux pieds dans les lagunes. Cet effet est également produit par des vents de terre, qui soufflent constamment, et repoussent les eaux en haute mer.

Nous avons déjà rapporté plusieurs faits, qui paraissent prouver que les eaux des mers, poussées par un vent de longue durée, peuvent se soutenir long-tems au-dessus de leur niveau ordinaire.

l. Il y a, dans les eaux, des courans dont on ignore les causes; tels sont ceux du lac de Genève, qu'on appèle *Sèches* (1).

m. Les ras de marée sont des courans très-extraordinaires.

Les mascarets, surtout ceux qu'on observe dans les eaux de la Garonne, sont bien connus....

n. Des courans inférieurs sont souvent opposés aux courans supérieurs. A Gibraltar, par exemple, il y a un courant supérieur qui porte de l'Océan dans la Méditerranée; et un courant inférieur qui porte de la Méditerranée dans l'Océan.

Nous avons vu que les courans des pôles, arrivés par les 60 à 50 degrés de latitude, se précipitent, et gagnent le fond des mers, pour se porter vers les contrées équinoxiales.

Dans le golfe du Mexique, les eaux des régions équatoriales, qui ont une température de plus de vingt degrés, se portent au nord.

(1) Voyages de Saussure, §. 20

DES COURANS PRODUITS PAR LES DÉBACLES DES LACS, ET DE LEUR ACTION.

Sulzer a fait voir (1) que les débacles simultanées de plusieurs lacs placés les uns au-dessus des autres, produiraient de grandes vallées : leurs eaux, dans leur course rapide, sillonneraient les terrains qu'elles traverseraient, en entraîneraient les terres, et formeraient ainsi d'immenses vallées ; la profondeur de ces vallées paraîtrait augmenter la hauteur des montagnes dont elles seraient entourrées.

Il est assez vraisemblable, par exemple, qu'à une époque plus ou moins éloignée, le lac de Genève s'élevait à une assez grande hauteur sur le Jura, et que la vallée par laquelle il s'écoule au fort l'Écluse n'existait pas ; il s'est frayé subitement un passage par cette vallée.... On sent quels effets une aussi grande masse d'eau, qui s'écoulait avec une vîtesse prodigieuse, a dû produire ; elle a excavé cette vallée profonde et étroite dans son cours impétueux ; tout ce qui s'opposait à son passage fut entraîné ; le courant a pu se diriger vers un côté plutôt que vers un autre. Il put gagner, par exemple, du côté du mont Saleve, qu'il rongea, dégrada et coupa à la hauteur de plusieurs centaines de toises ; quelques collines, quelques montagnes, auront pu même être entièrement renversées. Tous ces débris, sous forme de dales, de pierres roulées.... furent charriés au loin, et peut-être jusqu'aux limites de la Méditerranée, dans ces tems-là : ils purent y former des collines.

Car, les galets nombreux dont sont composées les collines des environs de Lyon, et les plaines adjacentes du Dauphiné, y ont sans doute été apportés par la débacle du lac de Genève,

---

(1) Mémoires de l'Académie de Berlin, 1762.

que nous venons de supposer, ou par celle d'autres lacs de ces cantons, par exemple, de celui de la Maurienne; car on ne saurait dire qu'ils y ont été apportés par la débacle de quelques lacs du Jura, puisque ces montagnes du Jura sont toutes calcaires, et que ces galets des environs de Lyon, et de cette partie du Dauphiné, sont presque tous composés de pierres des terrains primitifs, quartz, serpentines, talcs, granits...

On a des preuves convaincantes, que plusieurs des nombreux lacs de l'Amérique septentrionale, ont éprouvé de pareilles débacles; ils ont donc du élargir les vallées par où ces débacles se sont faites, et même en creuser de nouvelles.

J'ai rapporté ailleurs (1) des preuves nombreuses de pareilles irruptions, qu'ont faites des lacs, et même des mers Méditerranées.

On doit donc regarder comme certain, que toutes ces débacles de lacs ont singulièrement altéré les terrains par où elles se sont écoulées; elles ont creusé de grandes échancrures dans les lieux où étaient leurs chaussées; elles ont silloné les lieux situés au-dessous, et ont entraîné tous ces débris jusques dans les plaines voisines et éloignées, et même jusques dans le sein des mers qui étaient, à cette époque, les plus proches.

DES COURANS PRODUITS PAR LE COURS DES FLEUVES, ET DE LEUR ACTION.

Les eaux courantes, à la surface des continens, creusent continuellement leurs lits dans les hautes montagnes, en suivant les pentes des grandes vallées; la profondeur de ces vallées en est augmentée d'un côté, tandis que la hauteur des montagnes

---

(1) *Théorie de la Terre.*

qui les bordent, doit paraître plus considérable, et les plaines sont exhaussées.

Les eaux des pluies, dans ces mêmes montagnes élevées, les fontes des neiges..., produisent souvent des cascades plus ou moins profondes ; quelques-unes ont plus de cent pieds de chûte, telle que celle de Niagara... ; des torrens passagers qui les sillonent profondément, y creusent des ravins et en altèrent assez sensiblement la forme primitive. Lorsqu'on voyage dans les hautes montagnes dont les pics sont élevés, on reconnaît toute l'énergie de cette cause, dont les effets ne sont jamais interrompus. Les eaux des fleuves n'agissent que dans la direction des grandes vallées ; les eaux pluviales et la fonte des neiges agissent dans tous les sens, en retombant sur les flancs des montagnes, de tous les côtés. Rencontrent-elles des bancs d'une pierre dure? elles n'y exercent qu'une action faible ; mais si elles tombent sur des pierres tendres, dans des couches argileuses, schisteuses, craieuses, marneuses..., elles les détériorent singulièrement, et en charrient les débris dans les vallées les plus prochaines, où elles forment des attérissemens.

Ces débris, entraînés par les eaux des pluies, des neiges, des fleuves..., sont ensuite remariés par celles des mers et des lacs ; ils forment quelquefois de nouvelles couches pierreuses, parce que ces eaux tiennent en solution des terres quartzeuses, magnésiennes, argileuses calcaires..., lesquelles servent de ciment ou de gluten. Ces eaux, venant à couler à travers ces attérissemens, y déposent ces cimens, elles en forment des poudings ou des brèches..., qui varient suivant la nature de ces cimens et celles des pierres qui en sont agglutinées ; nous en avons plusieurs exemples dans les grandes montagnes, les Alpes, les Pyrénées... . . . .

Mais, le plus souvent, les débris des montagnes charriés par les fleuves, forment de simples attérissemens terreux, tel que

le Delta, en Égypte, et tous les dépôts que font les grands fleuves à leur embouchure dans la mer, tels sont les immenses amas de sable que le Rhin, la Moselle... forment sur les côtes de Hollande; ceux que le Rhône, le Pô, le Danube, les fleuves des Amazones, de l'Orenoque, de la Plata, le Missisipi, le Saint-Laurent..., forment à leurs embouchures dans les mers.

DE LA QUANTITÉ D'EAU QUI TOMBE A LA SURFACE DE LA TERRE.

Pour estimer la quantité moyenne d'eau qui tombe, dans l'année, à la surface de la terre, il faut tâcher d'évaluer celle qui tombe dans les diverses contrées, pour avoir ensuite un résultat général : car l'observation fait voir que cette quantité varie prodigieusement.

La physique moderne a inventé un instrument, qu'on nomme *udomètre*, pour mesurer la quantité d'eau qui tombe chaque année.

Cette quantité varie prodigieusement dans les différentes contrées. Il ne pleut presque jamais en Egypte.

Ulloa dit qu'il ne pleut jamais dans la vallée du Pérou : mais les vapeurs se résolvent en une bruine fort menue, comme une espèce de rosée qu'on appelle *garua*.

Casan a essayé d'estimer la quantité de cette rosée qui tombe à Sainte-Lucie (1) ; il la porte à six pouces quelques lignes.

Dans les autres contrées on a tenu des états de l'eau qui y tombe. On suppose, par estimation moyenne, que cette quantité est :

A Paris.	20 pouces	2 lignes.
A Londres.	21	1

(1) *Journal de Physique*, tom. 36, pag. 332.

A Bristol.	21 pouces	4 lignes.
A Lancastre.	42	
A Padoue	33	5
A Rome.	28	6
A Naples.	35	
A Vicence.	42	3
A Tolmézo, dans le Frioul. . .	82	8
A Udinc, dans le Frioul.	71	1
A Guefugnana, dans le Frioul.	92	2
A Bologne.	24	
A Alger.	27	6
A Berne.	39	10
A Utrecht.	27	2
A Fruncker, en Frise.	28	6
A la Grenade	105	
A Tivoli, Saint-Domingue. . . .	100	
A Léogane, Saint-Domingue. .	150	
Au Cap, Saint-Domingue. . . .	132	
A Sainte-Lucie.	42	
A Upsal.	14	
A Abo.	24	

Toutes ces données manquent sans doute d'une exactitude nécessaire ; mais des approximations suffisent.

La quantité moyenne des pluies qui tombent dans les hautes montagnes, qui fournissent aux inondations des grands fleuves, n'est point connue : telles sont les pluies qui tombent sur les montagnes de l'Abyssinie, et fournissent aux inondations du Nil, du Niger....

Celles qui tombent sur les Gates, et fournissent aux inondations du Menan.

Celles qui tombent sur les Cordelières, et fournissent aux inondations de l'Amazone, de l'Orénoque.

On ne connaît également pas la quantité moyenne d'eau qui tombe sur la surface des mers ou des lacs.

Cet exposé des faits prouve que nous n'avons pas assez de données pour estimer, même par *approximation*, la quantité moyenne d'eau qui tombe chaque année sur toute la surface de la terre.

Dans ma *Théorie de la Terre* (tom. 4, pag. 474), j'ai supposé, par approximation, qu'on pouvait l'estimer de 24 à 26 pouces.

Cette eau est fournie, 1°. par l'évaporation; 2°. par celle qui est habituellement contenue dans l'air atmosphérique.

Car, soit qu'on suppose, avec tous les physiciens, que l'air atmosphérique contient une grande quantité d'eau, ou qu'on admette, avec moi, que tout le poids de l'air atmosphérique est dû à l'eau, comme celui des vapeurs aqueuses, il faut toujours convenir que cet air tient beaucoup d'eau en suspension, ou en dissolution. Si on dit que tout le poids de l'air atmosphérique est dû à l'eau, une colonne d'air atmosphérique soutenant une colonne d'eau de trente-deux pieds, il y en aura donc trente-deux pieds.

Cette eau est contenue dans l'air par sa grande affinité : elle s'en dégage en petite quantité dans les rosées, les petites pluies..... ; mais elle s'en dégage en grande quantité dans les ouragans, comme on l'observe à Saint-Domingue, à Léogane....

DE LA QUANTITÉ D'EAU QUI S'ÉVAPORE.

Cette quantité varie prodigieusement, suivant les différens climats, et suivant les différens terrains. Elle est beaucoup plus considérable dans les contrées équinoxiales, que dans les régions polaires; dans les sables brûlans de l'Afrique, que sur les monts Atlas.....

Les observations qu'on a tentées pour avoir une quantité moyenne de cette évaporation, sont très-incomplètes. Les physiciens ont construit des vases qu'ils ont tenus pleins d'eau, et ils en ont observé la quantité qui s'est évaporée.

Mais on a reconnu que cette évaporation variait, en raison de la surface du vase, de sa profondeur, du lieu de son exposition.

Des observations ont donné, pour l'évaporation moyenne :

A Paris.	30 pouces, 7 lignes.
A Londres.	48
A Liverpool.	21

Hales n'a porté la quantité moyenne de l'évaporation, sur toute la surface du globe, qu'à neuf pouces.

D'autres physiciens ont supposé que cette évaporation moyenne était de soixante pouces.

L'évaporation sur la surface des mers, des lacs...., dans les différentes contrées, n'a point encore été soumise à des expériences exactes. Il faut donc attendre de nouvelles expériences.

J'ai supposé, par approximation, (*Théorie de la Terre*, t. 4, pag. 478) que la quantité moyenne de l'eau qui s'évapore, chaque année, de dessus les continens, de la surface des eaux, et de la transpiration des plantes, est d'environ les trois quarts de celles que fournissent les pluies et les rosées, c'est-à-dire, de dix-huit à vingt pouces. Le reste est charrié par les fleuves, et transporté dans le sein des mers.

Mais, la quantité moyenne de l'eau qui s'évapore de dessus la surface des eaux des mers et des grands lacs, est encore moins facile à évaluer. Elle est vraisemblablement plus considérable que celle qui s'évapore de dessus les continens.

DE LA QUANTITÉ D'EAU QUE LES FLEUVES VERSENT DANS LES MERS.

On a fait beaucoup de recherches sur la quantité d'eau que les fleuves versent dans les mers; mais les travaux, que les physiciens ont entrepris sur cet objet, sont bien éloignés de la précision qu'on exige aujourd'hui.

L'origine de toutes les eaux courantes à la surface du globe, vient, ou des fontaines, ou des grands glaciers.

Effectivement, les plus grands fleuves connus ont leurs sources dans les glaciers. Le Danube, le Rhin, le Pô, le Rhône..., en Europe, sortent des glaciers des Alpes, particulièrement des chaînes du mont Saint-Gothard.

La même chose a lieu dans toutes les autres chaînes. Les grands fleuves, qui sortent des monts Altaï, tels que l'Ob, la Lena, l'Irtish, le Yénisey.... sortent d'immenses glaciers.

L'Orénoque, l'Amazone, la Plata.... ont également leurs sources dans des glaciers.

Il est cependant des fleuves qui ne sortent point des glaciers, tels que la Somme, la Seine, la Loire, la Garonne.... Ils sont fournis par les fontaines.

On a supposé que des fleuves peuvent sortir immédiatement de certains lacs. Le Niger sort du lac Bournou; le Nil sort du lac Gambea; la rivière des Amazones sort du lac Lauricocha.

Mais tous ces lacs sont entretenus eux-mêmes par des eaux courantes, qui y arrivent par divers ruisseaux, diverses rivières. Ce sont ces eaux qui doivent être regardées plutôt comme l'origine de ces grands fleuves. On ne pourrait pas dire que l'origine du Rhône est le lac Léman, ou de Genève. Son origine est le courant qui vient des glaciers du Saint-Gothard, et coule dans la vallée de Sion....

Toutes les eaux courantes se rendent dans le bassin des mers ou des grands lacs.

Il est cependant quelques eaux courantes, qui se perdent dans les terres, comme le Loiret dans l'Orléanais....

D'autres disparaissent pendant un certain espace, et reparaissent ensuite. *Strabon* dit que le fleuve *Mysus*, qui arrose la Myssie, s'engloutit, et reparaît, à une assez grande distance, sous le nom de Caïque.

Le fleuve Erasin, qui coule dans l'Arcadie, se perd sous terre, et reparaît dans le pays d'Argos.

Le Rhône s'engloutit sous le pont de Lucey, et reparaît bientôt.

La Meuse, au-dessus de Neufchâteau, se perd pendant une lieue et demie, et reparaît aussi volumineuse qu'auparavant.

Les physiciens ont fait beaucoup de travaux pour déterminer la quantité d'eau que tous les fleuves versent dans les mers, ou les lacs; mais ils sont bien éloignés de la précision qu'on exige aujourd'hui.

Mariotte a calculé la quantité d'eau de la Seine qui passe au pont Royal, à Paris.

Son lit, dit-il, dans cet endroit, a quatre cents pieds de largeur. Sa profondeur ordinaire est de cinq pieds. Sa vîtesse moyenne, par minute, est de cent pieds : à la surface elle est de cent cinquante pieds; mais elle n'est pas si considérable au-dessous de cette surface; elle est encore plus rallentie vers son fond et vers ses bords, à cause des frottemens.

Multipliant 400 par 5 de profondeur, on a 2,000 pieds cubes, qui, multipliés par 100 de vîtesse, donnent 200,000 pieds cubes qui passent par minute au pont Royal, et 12,000,000 par heure; et en vingt-quatre heures 288,000,000, et en trois cent soixante-cinq jours, ou un an, 105,120,000,000 pieds

cubes, qui, divisés par 216 nombre de pieds cubes que contient la toise cube, donnent 486,666,666 toises cubes.

Il calcule ensuite la quantité d'eau de pluie qui tombe sur la surface du terrain, dont les eaux se versent dans la Seine jusqu'à Paris. Il suppose que ce terrain a 60 lieues de longueur et 50 lieues de largeur, ce qui fait 3,000 lieues carrées.

Mais il est évident qu'il se trompe dans cette estimation. Quelques-uns des terrains dont les eaux se versent dans la Seine, peuvent être distans de Paris de 60 lieues ; mais on ne saurait dire que la distance moyenne de ces terrains soit de 60 lieues, ni leur largeur moyenne soit de 50 lieues.

J'ai prouvé (*Théorie de la Terre*, tome 4, page 481) que la Seine, au Havre, verse dans la mer à peu près un milliard de toises cubes d'eau.

En supposant que toutes les rivière de France fournissent proportionnellement la même quantité, elles porteraient à la mer environ neuf milliards de toises cubes d'eau chaque année.

La surface de la terre est de 25,772,000 lieues carrées.

La surface de la France est environ de 27,000 lieues carrées. C'est la neuf cent cinquantième partie de toute la terrre.

Mais la surface des mers est plus étendue que celle des continens.

Supposons donc que la surface du continent ne fût que de 12,000,000 lieues carrées, la surface de la France en serait un quatre cent quarante-quatrième.

Supposons que tous les fleuves des continens portent à la mer les mêmes quantités d'eau proportionnellement que ceux de France, la totalité de ces eaux serait 444 fois neuf milliards de toises cubes, ou 3,996 milliards; c'est-à-dire, environ 3,358 lieues cubiques d'eau par an.

Et en supposant la profondeur moyenne des eaux des mers

être de 250 toises, la totalité des eaux des mers serait 1,530,320 lieues cubiques.

Il faudrait, par conséquent, 4,557 ans pour que tous les fleuves portassent dans les mers une quantité égale d'eau.

D'autres physiciens ont eu des résultats différens.

Mais toute l'eau qui tombe sur la surface de la terre ne se rend pas dans les fleuves : une partie est employée à la végétation, une autre partie s'évapore.

J'ai supposé que sur vingt-quatre pouces cubes d'eau, qui tombent annuellement dans le bassin de la Seine, il n'y en a que six pouces qui se rendent dans la mer, par conséquent le quart : on peut faire la même supposition pour toute la surface de la terre.

Les autres parties des eaux s'évaporeraient, seraient employées à la végétation, et entretiendraient l'humidité de la terre.

Ces calculs, par approximation, nous font voir que dans cette circonstance, comme dans tous les autres faits de la nature, nous sommes bien éloignés de pouvoir obtenir une certaine précision.

1°. On ignore la quantité d'eau contenue dans l'air atmosphérique; peut-être égale-t-elle le poids de cet air, par conséquent trente-deux pieds d'eau.

2°. On ignore la quantité d'eau qui tombe en rosée ou en pluie, neige.

3°. On ignore la quantité d'eau qui s'évapore.

4°. Enfin on ignore la quantité d'eau que les fleuves versent dans les bassins des mers et des lacs.

DE L'ORIGINE DES FONTAINES.

Les fontaines naissent toujours des flancs des montagnes, et

coulent en suivant les pentes des terrains. Les montagnes, les collines, les côteaux, condensent les vapeurs. Les nuages s'arrêtent sur les sommets, en humectent la surface. Les brouillards et les pluies pénètrent plus ou moins ces terres; et ces eaux condensées se réunissent en petits filets, qui coulent à l'extérieur : telle est l'origine des fontaines (1).

On rapporte que la masse de terre employée pour élever un bastion considérable fut suffisante pour condenser les vapeurs, et fournir au pied du bastion une fontaine qui ne tarrissait point.

La nature des terres influe beaucoup sur les fontaines que peut fournir une espèce de terrain.

Les terres calcaires sont perméables à l'eau, et ne la sauraient retenir.

Il en faut dire autant de la terre siliceuse, de la terre magnésienne..... Les sables quartreux, les marnes.... sont très-perméables à l'eau.

Il n'en n'est pas de même de la terre argileuse. Elle a une grande affinité avec l'eau ; elle en est pénétrée, gonflée.... et ne la laisse point passer.

Les collines de Mont-Martre, de Mesnil-Montant.... fournissent des preuves convaincantes de ces verités. Les eaux pluviales pénètrent facilement les couches supérieures qui sont de sable, de marne.... mais elles sont arrêtées par la couche argileuse. Elles coulent, sur cette couche, en suivant les pentes, et vont sortir au-dessous, où elles forment différentes fontaines....

Quand on veut avoir des puits dans ces cantons, il faut creuser jusqu'à ce qu'on arrive à la couche d'argile.

---

(1) On ne peut plus soutenir l'opinon, qui va chercher l'origine des fontaines dans des vapeurs aqueuses, élevées de l'intérieur du globe par la chaleur souterraine.

Dans les terrains primitifs, les eaux imprègnent l'humus, et pénètrent jusqu'aux granits, porphyres.... qu'elles ne sauraient traverser... Elles sortent donc de tout côtés, et on a partout des fontaines.

Dans les terrains secondaires, les couches sont le plus souvent fendillées : les eaux se perdent dans ces fentes, et les fontaines y sont assez rares, mais plus considérables.

Il se présente ici souvent un fait très-remarquable : les eaux paraissent s'arrêter et séjourner entre deux couches d'argile, qui sont coudées vers la surface de la terre. Dans les environs d'Aire on creuse des puits jusqu'à ce qu'on rencontre une première couche d'argile. On construit sur cette couche la mâçonnerie du puits, et on l'élève en pratiquant au haut un canal d'écoulement. Un ouvrier intelligent descend pour lors au fond du puits, perce avec une tarière ce fond argileux, et remonte promptement. L'eau sort du trou à gros bouillons, s'élève jusqu'au canal de dégorgement, et fournit une source qui ne tarit plus.

Ces phénomènes se présentent en plusieurs contrées. Shaw rapporte que dans des plaines du royaume d'Alger, on se procure de l'eau par de semblables procédés.

On ne peut expliquer ces phénomènes qu'en supposant une double couche recourbée argileuse, faisant siphon, séparée par des terrains intermédiaires. L'eau des pluies... se ramasse dans cette couche intermédiaire, et se trouve contenue par la double couche argileuse comme dans un siphon.

DES EAUX MINÉRALES.

Quoiqu'il n'y ait point d'eaux pures dans la nature, on les regarde cependant comme telles, lorsqu'elles ne sont chargéees que d'une très-petite portion de principes étrangers. Si ces

terres qu'ils rencontreront, pour en former des sels, le sulfate de natron, celui de magnésie, la sélénite, le calcaire....

L'acide sulfurique, en dissolvant le natron, le calcaire, le carbonatte de magnésie.... en dégagera l'acide carbonique qui sera aussitôt dissous par ces eaux. Elles s'en surchargeront au point d'en abandonner une partie, dès qu'elles seront au contact de l'air extérieur.

Il faut supposer que ces eaux ne passent pas dans le centre du foyer de ces pyrites en décomposition, puisque ces eaux seraient réduites en vapeur, et produiraient des espèces de volcans; elles passent seulement dans le voisinage de ces masses de pyrites; celles-ci conservent alors le même degré de chaleur pendant une longue suite de siècles, et peuvent le communiquer aux eaux qui coulent dans leur voisinage.

Cette explication suppose qu'il existe dans le sein de la terre de grands amas de pyrites, tels qu'on en voit sur les bords de la mer, entre Calais et Boulogne; car, il ne paraît pas possible d'expliquer autrement la cause de la chaleur des eaux thermales.

Ces eaux thermales se rencontrent rarement dans les montagnes granitiques et porphyriques, elles sont ordinairement dans les terrains de gneis, de schistes, et même dans les calcaires; or, on sait que c'est dans ces terrains, principalement dans les gneis, que se trouvent la plus grande quantité de filons métalliques et sur-tout les pyrites ferrugineuses.

» Un grand nombre d'observations, dit Lomet, (1) faites » sur les lieux, démontrent que dans cette partie des Pyrénées » (du côté de Barrèges), la génération des eaux thermales

---

(1) *Mémoire sur les Eaux minérales des Pyrénées*, par Lomet, page 43.

» hépatique (hydrogènes sulfurées) est due à certaines roches,
» dont la pierre de corne (la cornéene) fait communément la
» base, et qui sont fréquemment teintes en vert, tant par l'état
» du fer qu'elles contiennent que par un mélange de stéatites.
» Dans ces roches on rencontre en outre, des nœuds et des
» veines ludiformes de quartz blanc opaque, des nids de terre
» verte, matrice de cristaux, des ondes et des lames de terre
» calcaires souvent rougeâtres et un peu bitumineuses, du
» mica, et de *petites pyrites ferrugineuses.*

» La composition hétérogène de ces roches y laisse beaucoup
» de vide, elles sont très-caverneuses et très-perméables à l'eau;
» elles ont en outre toutes les réquisitions réquises pour en
» décomposer une partie, et communiquer à la source des sels
» et du *gaz hydrogène sulfuré accompagné de chaleur.*

» Ces roches une fois reconnues, il n'a pas été difficile de
» trouver la situation qu'elles affectent, dans l'ordre de celles
» qui constituent les montagnes du canton de Barrèges.

» Elles sont placées dans les lieux où s'opère la transition du
» genre calcaire au genre argileux, et de celui-ci au genre
» siliceux : dans la première position, elles abondent en ma-
» tières calcaires; dans la seconde, elles en sont moins mélan-
» gées, et la pierre de corne y est plus ordinairement bleu
» d'ardoise que verte. Dans toutes deux elles sont en masses,
» figurées seulement par les bandes régulières qui les encadrent
» et dont elles fléchissent souvent la direction en les écartant :
» ce sont de vrais filons, placés aux lieux où les divers genres de
» roches primitives s'approchent, se touchent, se confondent,
» et c'est à l'égard de la source minérale une sorte de gangue
» formée du mélange des matières pierreuses qu'elle séparent,
» aussi facile à trouver par sa situation, que facile à reconnaître
» par sa composition.

» En transportant ces observations sur le pic dEyré, d'où

» sortent les eaux de Barrèges, il est facile de retrouver ces » roches.

Ces faits, observés par Lomet, nous font entrevoir les causes des phénomènes que présentent les eaux thermales et confirment les explications qu'on en a donné.

Les eaux gazeuses minérales froides, sont également produites par des masses de pyrites en décomposition, qui n'ont qu'un faible degré de chaleur, ou dont le foyer est assez éloigné de l'issue de la fontaine, pour que ces eaux aient le tems de se refroidir.

Il est encore des eaux minérales qui tiennent en dissolution différens sels métalliques, telles sont celles qui passent au travers des mines de cuivre, de zinc, d'arsenic..., elles contiennent des sulfates de cuivre, de zinc, des oxides d'arsenic...

Quant aux fontaines dites *brûlantes*, c'est-à-dire, sur la surface desquelles on aperçoit un gaz enflammé, on ignore encore la cause de cette enflammation spontannée; j'ai supposé que ce gaz était un air hydrogène phosphuré, mais je n'ai aucune expérience directe pour le prouver.

Le gaz de plusieurs de ces fontaines ne s'enflamme que lorsqu'on en approche un corps allumé; pour lors, c'est un gaz hydrogène pur ou carburé, qui se dégage de terrains marécageux.

Il y a encore d'autres eaux qu'on doit rapporter aux eaux minérales, telles sont;

1°. Les eaux bitumineuses qui contiennent des huilles bitumineuses, telles sont celles de Gabian, d'Amapalla, d'Amiano...

2°. Les fontaines d'eaux qui contiennent du sel gemme, du sel d'epsom, de Sedlitz... et autres sels...

3°. Les fontaines de Ruikum, de Geyzer..., en Islande..., elles sont bouillantes, et tiennent en dissolution du verre déliquescent, c'est-à-dire, de la terre siliceuse dissoute par le natron. elles sont produites par les feux souterrains si abondans

dans ces contrées. Du natron, rencontrant des matières siliceuses dans le foyer du volcan, forme un vrai verre qui est ensuite dissout par les eaux.

Peut-être ce verre déliquescent est-il fait par la voie humide; il est possible que l'eau, à ce degré de chaleur, et chargée de natron, puisse attaquer les matières siliceuses, et en dissoudre une portion.

SECTION CINQUIÈME.

DE LA COMPOSITION DES TERRAINS PRIMITIFS DE LA CROUTE DU GLOBE, DE LEURS MONTAGNES, DE LEURS VALLÉES, ET DE LEURS PLAINES.

Après avoir exposé la position respective des différens terrains qui composent la surface du globe, celle des montagnes primitives et secondaires, celle de leurs principales vallées et des plaines, la nature de ces substances, et le mode de leur cristallisation.... le géologue doit rechercher la manière dont tous ces phénomènes ont été produits. Il doit surtout bien distinguer les différentes époques de ces grandes opérations, s'il veut y porter de la précision.

Nous venons de voir que la masse principale du globe paraît avoir été formée par les combinaisons des différens principes dits *élémentaires*, à l'état aériforme, opérées, soit dans le vide, soit dans l'air. L'eau n'existait qu'en très-petite quantité, dans ces premiers momens; mais elle s'accumula peu-à-peu à la surface du globe; enfin, sa quantité devint assez considérable pour s'élever à plusieurs milliers de mètres de hauteur.

Les combinaisons, qui s'étaient opérées, jusqu'à ce moment, dans le vide et dans l'air, continuèrent d'avoir lieu dans le sein

des eaux, et elles y formèrent les terrains primitifs, qui composent la croûte extérieure du globe; car tout annonce que ces terrains ont été formés dans les eaux. Les cristallisations des substances dont ils sont composés, paraissent ne pouvoir être opérées que dans l'eau, telles que celles des granits, des porphyres, des smectites.... et des différens cristaux qui s'y trouvent mélangés, comme grenats, tourmalines, hyacinthes, émeraudes, berils, topazes....

Une partie des terrains primitifs est déposée par couches, qui forment des strates, tels que les gneis, les schistes micacés, les schistes primitifs.... Or, ces couches supposent une dissolution, et des dépôts dans les eaux, plutôt que dans le vide, ou dans l'air.

Il faut donc supposer que toutes ces substances ont été, à cette époque, tenues dans un état de solution dans le sein des eaux, quelle qu'en ait été la cause.

Mais ces solutions cessèrent peu-à-peu par les causes que nous avons indiquées ci-devant. La *plus grande partie* de ces substances cristallisa donc dans ces momens, et ces cristallisations s'opérèrent suivant les lois des affinités.

Je dis *la plus grande partie de ces substances cristallisa* : car il en demeura certainement une portion dans les *eaux-mères*, ce sont les lois ordinaires de la cristallisation.

Et d'ailleurs, toutes ces cristallisations se sont opérées successivement, et à *différentes époques*.

Enfin, quelques portions, les terreuses, n'ont pas cristallisées; elles étaient seulement tenues en *suspension* par les eaux.

Les terrains primitifs sont composés principalement de roches, ou pierres agrégés, tels que granits, granitoïdes, porphyres, porphyroïdes, smectites....

On y trouve quelques pierres homogènes, telles que les pétrosilex, les cornéenes, les schistes, les serpentines....

Il y a aussi quelques pierres qui contiennent des acides, telles que les calcaires, les gypses, les fluors, les barytites, les strontianites....

On y trouve encore une assez grande quantité de substances métalliques, d'anthracite, de soufre....

Il y a enfin des parties terreuses.

Nous allons parler de chacune de ces substances en particulier.

Il faut se rappeler ce que nous avons dit précédemment, que les molécules de ces substances étaient, dans le principe, à l'*état naissant*, ce qui facilitait leurs combinaisons et leur cristallisation.

Il faut encore se rappeler qu'il y a trois modes de cristallisation.

a. Les élémens purs, le soufre, le phosphore, la baryte pure, la strontiane pure, les métaux.... cristallisent.

b. Ces substances se combinent avec l'oxigène, et forment des oxides, qui cristallisent.

c. Ces substances se combinent avec les acides, et forment des sels neutres, qui cristallisent.

DE LA COMPOSITION DES GRANITS ET DES GRANITOIDES.

Les roches granitiques sont composées principalement de feldspath, de quartz, de mica, de hornblende, de stéatites..... cristallisés ensemble (1).

---

(1) *Leçons de Minéralogie*, tom. 2.

Les roches granitoïdes sont également composées de différentes substances cristallisées ensemble ; mais, ordinairement, il ne s'y trouve ni feldspath, ni quartz ; ou au moins, ces substances n'y sont pas agrégées comme dans les granits ; c'est pourquoi je leur ai donné le nom de *granitoïdes*, telles sont les roches suivantes :

Quartz et tourmalines ;
Adulaires et amianthe ;
Quartz adulaires et amianthe ;
Quartz et topaze, *topasfels* de *Werner* ;
Quartz, feldspath et pinite.

. . . .

J'ai fait plusieurs sous-divisions des granitoïdes, à raison des diverses substances dont ils sont composés :

1. Granitoïdes siliceux.
2. Granitoïdes argileux.
3. Granitoïdes magnésiens.
4. Granitoïdes calcaires.
5. Granitoïdes barytiques.
6. Granitoïdes strontianites.
7. Granitoïdes gluciniques.
   Granits avec beril.
8. Granitoïdes circoniques.
   Granits avec hyacinthes.
9. Granitoïdes gadoliniques.
10. Granitoïdes sulfureux.
11. Granitoïdes anthraciques.
    Granit avec anthracite.
12. Granitoïdes métalliques.
13. Granitoïdes volcaniques.

Tous ces granitoïdes ont de l'analogie, par la manière dont

3. Téphrinique.
4. Leucostine.
5. Ophitine.
6. Varioline.
7. Hornblendique.
8. Cornéenne.
9. Lydienne.

. . . .

Les porphyres varient à raison de la pâte, et de la manière dont les cristaux de feldspath y sont noyés.

Les porphyroïdes sont formés d'une manière analogue aux porphyres. Ce sont des substances cristallisées, également noyées dans une pâte ; mais ils en diffèrent, en ce que ces cristaux ne sont pas des feldspaths, et que la pâte est de différente nature.

J'ai fait plusieurs sous-divisions des porphyroïdes, à raison des substances dont ils sont composés :

1. Porphyroïdes siliceux.
2. Porphyroïdes argileux.
3. Porphyroïdes magnésiens.
4. Porphyroïdes calcaires.
5. Porphyroïdes barytiques.
6. Porphyroïdes strontianiques.
7. Porphyroïdes gluciniques.
8. Porphyroïdes circoniens.
9. Porphyroïdes gadoliniques.
10. Porphyroïfles sulfureux.
11. Porphyroïdes anthraciques.
12. Porphyroïdes métalliques.
13. Porphyroïdes volcaniques.

Les porphyres et les porphyroïdes ne sont point par couches : ils forment de grandes masses comme les granits.

Werner a supposé que les porphyres avaient été produits long-tems après les granits. Je ne crois pas cette opinion fondée, et elle me paraît contraire aux faits.

1°. On observe constamment que les granits et les porphyres se trouvent ensemble.

2°. Les granits et les porphyres ont des rapports si considérables, que les minéralogistes les plus exercés sont souvent embarrassés pour décider si telle roche est granitique ou porphyrique.

La formation des porphyres et porphyroïdes s'est donc opérée d'une manière analogue à celle des granits, des granitoïdes, et aux mêmes époques.

Les granits et granitoïdes, les porphyres et porphyroïdes paraissent constituer la majeure partie des terrains primitifs.

DE LA COMPOSITION DES GNEIS, ET DES SCHISTES MICACÉS.

Après la cristallisation de la majeure partie des granits et des porphyres, il est resté dans les *eaux-mères* une portion de ces substances tenues en solution. Car on sait que lorsque des sels cristallisent, il en demeure toujours dans les eaux de cristallisation, des portions qu'on n'obtient que lorsqu'on fait évaporer les dernières molécules de ces eaux. La même chose a donc dû avoir lieu dans les grandes cristallisations minérales.

Les portions qui restèrent dissoutes dans la masse des eaux, furent particulièrement celles qui sont les plus solubles, et qui demandent une portion moins considérable d'eau, pour cristalliser.

Nous avons vu que le feldspath est une des substances qui exige la plus grande quantité d'eau pour sa cristallisation.

Il aura, par conséquent, presque tout cristallisé dans les premiers momens.

Le quartz demande peut-être un peu moins d'eau pour être tenu en solution. Il aura donc cristallisé à peu près à la même époque, quoique un peu plus tard. Par conséquent, il en sera demeuré une plus grande quantité dans les eaux de cristallisation.

L'hornblende, la stéatite, paraissent plus solubles que ces deux premières substances. Aussi sont-elles moins abondantes dans les premières cristallisations.

Enfin, le mica est la plus soluble de toutes ces substances. Mais il était si abondant dans les eaux primitives, qu'une partie a cristallisé avec les feldspaths, les quartz et les hornblendes.

Ces quatre substances ont donc formé la plus grande partie des terrains primitifs, les roches granitiques et les roches porphyriques.

Après ces premières cristallisations, les micas ont cristallisé en plus grandes masses, soit que les eaux eussent diminué, soit que les autres causes, qui tenaient en solution toutes ces substances, eussent perdu de leur activité.

Quelqués portions de feldspath, restées dans les eaux, ont également cristallisé.

Il s'y est aussi réuni quelques portions de quartz.

Ces substances ont cristallisé ensemble, et ont formé :

Les gneis,

Les granits veinés,

Les schistes micacés.

Le mica domine dans ces roches, et leur fait affecter un tissu feuilleté. Mais il est plus abondant dans les schistes micacés.

Le quartz s'y trouve aussi en une certaine quantité.

Enfin le feldspath y est le moins abondant, parce que,

exigeant une grande quantité d'eau, pour être tenu en dissolution, il s'est presque tout déposé dans les premières cristallisations, les granits et les porphyres.

La position géologique de ces roches indique qu'elles ont cristallisé après les granits et les porphyres. Car les gneis et les schistes micacés se trouvent ordinairement au-dessus des granits et des porphyres, et particulièrement sur leurs flancs.

Ces roches ont été déposées par couches, lesquelles sont quelquefois assez étendues.

Ces couches sont quelquefois horisontales, comme le sont celles qui composent le Mont-Rose. « La situation des couches » dans le Mont-Rose, et dans les montagnes adjacentes, est » presque partout à peu près horizontale » dit *Saussure*, Mais, le plus souvent, ces couches sont plus ou moins inclinées ; quelquefois, elles s'approchent de la verticale.

Toutes ces roches agrégées, les granits, les porphyres, les gneis, les schistes micacés.... varient, à raison des substances dont elles sont composées, qui ont plus ou moins de volume, qui ont des couleurs différentes....

Elles varient même souvent dans la même montagne.

Les substances, dont sont composées ces roches, ont cristallisé ensemble, comme celles qui composent les granits.

DE LA COMPOSITION DE L'HORNBLENDE, DU PÉTROSILEX, DE LA LYDIENNE, DE LA CORNÉENNE, ET DES SCHISTES PRIMITIFS....

Les granits, les granitoïdes, les porphyres, les porphyroïdes, les gneis, les schistes micacés... sont des roches composées de différentes substances minérales agrégées.

Mais il existe aussi, dans les terrains primitifs, des masses pierreuses considérables, qui sont composées d'une seule subs-

tance, telles sont les hornblendes, les pétrosilex, les lydiennes; les cornéennes, et les schistes primitifs.... Il faut voir ce qui en est dit dans mes *Leçons de Minéralogie*, tome 2.

L'HORNBLENDE.

L'hornblende se présente ordinairement en grandes masses, cristallisées confusément. Quelquefois elle forme des cristaux particuliers.

Sa couleur est souvent noirâtre, ou d'un vert foncé.

LE PÉTROSILEX.

Je laisse le nom de pétrosilex à une des variétés de l'*horn-stein* des Allemands, celle qui rapproche le plus du feldspath.

Werner a donné en dernier lieu au pétrosilex, le nom de feldspath compacte, *dichter-feldspath*.

Le pétrosilex a une demi-transparence.

Sa cassure est esquilleuse, souvent demi-concoïde : elle a quelques rapports avec la cassure de la cire....

LA LYDIENNE.

Cette substance doit être regardée comme une espèce de schiste silioeux (*Kiesel Schiffer* de Werner), dont le grain est fin et serré.

Sa couleur est ordinairement d'un noir foncé.

Sa dureté est assez considérable pour donner des étincelles par le choc du briquet.

Cette substance est appelée trapp par plusieurs minéralogistes. (*Leçons de Minéralogie*).

LA CORNÉENNE.

Pierre de corne, de Saussure qui a dit, *Journal de Physique*, tome 44, pag 354,

Cornéenne, de Delamétherie ;

Corneus nitens, de Wallérius ;

Thon-schiffer, de Werner.

La cornéenne est une espèce de schiste primitif.

Sa couleur est le plus souvent d'un gris noirâtre ou bleuâtre.

Elle ne donne pas d'étincelles avec le briquet.

Elle donne une poussière d'un gris blanc, lorsqu'on la raie avec un instrument tranchant.

Sa cassure est terreuse, concoïde.

Ses fragmens sont trapezoïdaux.

Lorsqu'on l'humecte par la respiration, elle exhale une odeur terreuse.

SCHISTE PRIMITIF.

Le schiste primitif se rapproche beaucoup de la cornéenne.

Sa dureté est quelquefois assez considérable pour donner des étincelles par le choc du briquet.

Il s'amollit difficillement sous le marteau.

Dans sa cassure il présente un grain fin et terreux.

Mais en masse il est feuilleté, d'où lui vient le nom de *schiste*. Il se casse souvent en fragmens rhomboïdeux, comme les échelons d'une échelle, ou les marches d'un escalier : ce qui lui a fait donner, par quelques minéralogistes, le nom de TRAPP (1).

---

(1) Wallerius dit : *Nomen suecanum* TRAPP *hic lapis obtinuit a scala*,. *hinc* CORNEUS SCALLARIS *appellari potest.*

Je n'ai donc donné le nom de *trapp* à aucune pierre particulière dans mes *Leçons de Minéralogie*, tome 2, page 165.

Toutes ces substances sont homogènes, et leurs principes constituans, d'après les analyses, se rapprochent beaucoup de ceux du feldspath et des micas. La silice y domine également : elle y est mélangée avec l'alumine, la chaux, la potasse, du fer oxidé....

Il s'y trouve aussi quelquefois de la magnésie, du carbone....

Analyse du feldspath.

Silice.	64
Alumine.	20
Chaux	2
Potasse.	14
Fer oxidé.	

Analyse du mica.

Silice.	48
Alumine.	20
Fer oxidé.	15
Manganèse oxidée.	1
Potasse.	14

Analyse de l'hornblende.

Silice.	45
Alumine.	8
Chaux.	10
Magnésie.	6
Fer oxidé.	20
Manganèse oxidée.	2
Chrome.	1
Potasse.	0. 50

Analyse du Pétrosilex.

Silice.	68
Alumine.	19
Chaux.	1
Fer oxidé.	4
Potasse.	5. 50

Analyse de la lydienne.

Silice.	55
Alumine.	15
Chaux.	0. 5
Fer oxidé.	10
Manganèse.	0. 1
Potasse.	8
Charbon.	8
Eau et matières volatiles.	5

Analyse de la Cornéenne.

Silice.	51
Alumine.	16
Chaux.	8
Fer oxidé.	12
Charbon.	
Potasse.	

Analyse des schistes primitifs.

Silice.	65
Alumine.	26

Magnésie . . . .
Fer oxidé. 6
Et quelquefois
De la potasse.
Du carbone.

La cristallisation a souvent fait affecter à ces substances un tissu fibreux comme à quelques hornblendes, *hornblende-schiffer,* à d'autres, un tissu feuilleté comme aux schistes primitifs, à quelques cornéennes, et enfin, à d'autres un grain fin et serré comme aux pétrosilex, aux lydiennes...

La plupart de ces substances ont un caractère commun, celui de se décomposer, et d'acquérir une couleur blanchâtre : c'est ce qu'on observe dans les pétrosilex, les lydiennes, les cornéennes, les schistes primitifs, les hornblendes.

On peut supposer que la formation de ces substances homogènes a de grands rapports avec celle des roches agrégées.

Les granits sont formés de quartz, de feldspath, de mica, et souvent de hornblende, de stéatite, *cristallisés chacun séparément.*

L'hornblende, quelquefois, s'y trouve en plus ou moins grande quantité, ce qui forme les *siennites.*

Les gneis et les schistes micacés sont formés à peu près de la même manière ; mais les granits avec stéatites sont appelés *protogines*, et le mica y est très-abondant.

Les porphyres sont formés de cristaux de feldspath noyés dans une pâte homogène, composée des autres élémens du granit ; cette pâte varie : elle est, ou pétrosiliceuse, ou ophitine, ou cornéenne, ou lydienne, ou hornblendique... *Une partie de ces substances est cristallisée confusément et une autre d'une manière distincte.*

Enfin, les pétrosilex, les hornblendes, les cornéennes, les lydiennes, les schistes primitifs... paraissent souvent formés

d'une manière analogue à celles des schistes micacés ; mais tous les principes de ces derniers y sont mélangés, et *forment une masse cristallisée confusément, à peu près homogène et d'un grain terreux.*

Ils contiennent souvent des pyrites, ainsi que les lydiennes.

La position géologique des pétrosilex, hornblendes, lydiennes, cornéennes et schistes primitifs, indique que leur formation a été ordinairemeut postérieure à celle des granits porphyres... ; car, ils se trouvent constamment sur les flancs des montagnes primitives.

Toutes ces masses pierreuses doivent être regardées comme des mélanges de divers oxides ; savoir : de *silicium*, d'*aluminium*, de *calcium*, de *potassium*, de *fer*..., ils sont combinés, et ont formé des masses homogènes. . . . . .

. . . .

DE LA COMPOSITION DES SMECTITES', TALCS, STÉATITES, SERPENTINES, ASBESTOIDES, ASBESTES, AMIANTHES.

Toutes ces espèces de pierres magnésio-silicites (1), les talcs, les stéatites, les serpentines, les asbestoïdes, les asbestes.... ont encore cristallisé postérieurement aux gneis, aux pétrosilex, aux schistes...; la cause de ce phénomène est la même que celle qui a fait cristalliser les gneis, les schistes... après les granits et les porphyres.

La cristallisation de l'amianthe est remarquable, parce qu'elle présente des fibres soyeuses analogues aux fibres végétales et animales.

Les élémens de cet ordre de pierres, sont la silice qui do-

---

(1) *Leçons de Minéralogie*, tom. 2, pag.

mine, la magnésie, l'alumine, la chaux, le fer oxidé, et quelquefois la potasse...; ils se sont réunis par les lois des affinités, et ont formé cet ordre nombreux de pierres.

Elles sont plus solubles que celles dont nous avons parlé, elles ont donc pu être tenues en solution à l'époque où les autres furent obligées de cristalliser, par le défaut d'une quantité suffisante de dissolvant.

Aussi, toutes ces substances ont-elles cristallisé d'une manière confuse, et postérieurement à celles dont nous avons parlé, comme l'indique leur position géologique.

On trouve cependant, souvent, ces substances mélangées avec les granits, porphyres...

Toutes ces substances sont, en général, composées de

Silice	60
Magnésie	30
Fer oxidé	
Potasse, une petite portion.	

Quelques-unes contiennent de l'alumine et de la chaux.

La serpentine ne cristallise pas ordinairement en couches: elle forme de grandes masses continues, comme les granits et les porphyres.

La serpentine contient quelquefois des cristaux d'autres substances, telles que du fer oxidé, du talc...; elle passe alors à l'état de porphyroïde, et je lui ai donné le nom de *serpentinite*.

Toutes ces pierres magnésio-silicites forment rarement de grandes masses, come les granits, les porphyres...

« Cependant, le Roth-Horn, montagne très-élevée, est en
» grande partie, dit Saussure, 2157, composée de *serpentines*
» compactes et sémi-dures, c'est-à-dire, dures à peu près comme
» le marbre. Elles sont divisées naturellement en masses irré-
» gulières d'une grandeur énorme.

» Ces serpentines sont surmontées par des roches d'un verd » glauque foncé, dont la pâte paraît une *stéatite.* »

Toutes ces roches magnésiennes ont cristallisé comme les pierres magnésiennes homogènes, le péridot, l'olivine...; elles sont des mélanges d'oxide de *magnésium*, d'oxide de *silicium*, d'oxide de *fer*..., qui ont une grande dureté..., ils sont combinés, et ont formé des masses homogènes, analogues aux cristaux composés de divers oxides métalliques, tels que les cristaux de fer et de manganèse oxidés...

DE LA COMPOSITION DE LA LHERZOLITE.

J'ai donné le nom de lherzolite à une pierre, qui se trouve auprès de l'étang ou lac de *Lherz*, dans les Pyrénées. Elle y forme des masses considérables, et je l'avais regardée comme une roche particulière.

Charpentier fils en a observé des portions cristallisées, comme l'augite, d'où il a conclu que la lherzolite était de l'augite en masse.

Vogel a fait l'analyse de la lherzolite, *Journal de Physique*, tom. 76, et en a retiré :

Silice.	45.	
Alumine.	1.	
Chaux.	19.	50.
Magnésie.	16.	
Oxide de fer.	12.	
Oxide de chrome. . . .	11.	50.
Manganèse, une trace....		

DE LA COMPOSITION DES CALCAIRES PRIMITIFS, DES DOLOMIES.

On trouve, au milieu des substances des terrains primitifs,

des masses calcaires plus ou moins considérables. Ces calcaires ne contiennent aucuns débris d'êtres organisés, tels que les marbres de Carare. Ces marbres ne forment point de couches, et sont cristallisés en grandes masses.

On doit donc regarder tous ces calcaires comme de formation primitive, ainsi que les granits, les porphyres, les gneis.... antérieurs aux êtres organisés.

Ces calcaires peuvent être cristallisés avec les magnésies carbonatées; et elles forment alors des pierres qu'on a appelées *dolomies.*

Mais ces calcaires primitifs sont souvent cristallisés avec des pierres de nature différente; tels sont, par exemple :

a. Les marbres cypolins, composés de calcaire pur et de mica ou de talc.

b. Les verts antiques, les polzeverras.... composés en partie de calcaire pur, en partie de serpentine..... cristallisés séparément.

c. Les dolomies avec les trémolites.

Les calcaires purs primitifs forment souvent de très-beaux marbres. Tels sont :

Les marbres de Carare. Ils contiennent quelquefois des cristaux de quartz assez gros dans des géodes.

Ils contiennent aussi quelquefois des pyrites. Ces pyrites se décomposent à l'air : l'oxide rouge de fer, qui en provient, colore ces marbres, comme on le voit dans les jardins de Versailles.

Ces calcaires sont de vrais sels neutres, qui ont cristallisé comme ceux-ci.

DE LA COMPOSITION DES GYPSES PRIMITIFS, DES FLUORS, DES APPATITS, DES PHARMACOLITES, DES TUNGSTATES..... (1)

La chaux peut être combinée, dans les terrains primitifs, avec d'autres acides que le carbonique.

Combinée avec l'acide sulfurique, elle forme les gypses primitifs. On les trouve souvent mélangés avec le mica.

La chaux, combinée avec l'acide fluorique forme les fluors. Ils se trouvent ordinairement dans les terrains primitifs, et particulièrement dans les filons métalliques.

La chaux se combine également avec l'acide phosphorique, et forme les appatits, qu'on trouve, en forme de petits cristaux, dans les terrains primitifs, surtout dans les filons métalliques. Mais on n'a pas encore trouvé l'appatit formant de grandes masses.

La chaux combinée avec l'acide ansenique, forme les pharmacolites, qui forment des cristaux particuliers, dans les terrains primitifs, surtout dans les filons métalliques.

La chaux, combinée avec l'acide tungtique, forme les tungtates calcaires.

Toutes ces combinaisons de la chaux avec ces divers acides, cristallisent, comme les calcaires, ou les combinaisons de la chaux avec l'acide carbonique. Ce sont de vrais sels neutres.

DE LA FORMATION DE CRISTAUX PARTICULIERS, TELS QUE GRENATS, TOURMALINE, ÉMERAUDES, HYACINTHE, YTTRIA...... CONTENUS DANS LES PIERRES DES TERRAINS PRIMITIFS.

On trouve souvent, dans les masses des terrains primitifs,

(1) *Leçons de Minéralogie*, tom. 2.

les granits, les gneis, les schistes micacés, les schistes primitifs, les talcs, les serpentines, les calcaires primitifs.... des cristaux particuliers de différentes substances, tels que grenats, tourmaline, augites... topazes, émeraudes, berils, hyacinthe, corindous, saphirs, rubis, fer oxidé ou sulfuré.

La formation de ces cristaux a été opérée par les mêmes moyens, et suivant les mêmes lois que celle des autres substances cristallisées. Tous les élémens qui les composent, terres, métaux, alkalis, acides.... sont dans un état de dissolution : ils se réunissent suivant les lois des affinités, et cristallisent séparément.

Des schistes micacés, des schistes primitifs... par exemple, contiennent les élémens du grenat : les schistes, d'un côté, et le grenat de l'autre.... des pyrites...

Les chlorites contiennent de beaux cristaux octaèdres de fer oxidé....

Quelques granits, tels qu'il y en a en Norwège, sont composés de feldspaths, de hornblendes et de hyacinthes cristallisés. Les principes de l'hyacinthe sont de la circone, de la silice, de l'alumine et du fer oxidé.

D'autres granits, particulièrement les graphiques, contiennent de l'émeraude, des berils... L'émeraude est composée de glucine, de silice, d'alumine, de chrome.

D'autres substances contiennent de la gadolinite, dans laquelle se trouve l'yttria.

Il faut donc supposer qu'au milieu des élémens du granit, savoir la silice, l'alumine, les oxides de fer.... il se trouve quelquefois de la *circone*, de la *glucine*, de l'*yttria*, du *chrome*... : ces dernières terres se combinent alors avec une portion des autres terres, et forment de l'hyacinthe, de l'émeraude, de la gadolinite... cristallisés.

La baryte a également été quelquefois mélangée, et a formé l'andréolite.....

La strontiane a aussi cristallisé avec d'autres terres, et a formé d'autres substances.

Les calcaires primitifs contiennent de la trémolite cristallisée.

Ils contiennent aussi quelquefois du quartz cristallisé.

DE LA FORMATION DES AGATES, DES CALCÉDOINES, DES PISSITES, DES PRASES, DES JASPES DES TERRAINS PRIMITIFS.

Les substances qui se trouvent accidentellement au milieu des terrains primitifs, ne sont pas toujours cristallisées régulièrement. Souvent elles le sont d'une manière confuse. Les opales, les halbopales, les pissites (pechstein), les prases, les chrysoprases, les agates, les calcédoines, les jaspes (1), sont déposés ordinairement en petites masses arrondies. Elles sont composées d'une pâte homogène, compacte, dense, siliceuse, assez dure pour donner des étincelles, lorsqu'elles sont choquées avec le briquet... mais elles n'affectent point de formes régulières.

Il n'est pas rare de trouver au milieu de ces substances des cristaux réguliers de quartz incolore, ou coloré....

Ces substances sont composées d'une grande quantité de silice, d'une petite portion d'alumine, d'oxide de fer....

Les substances qui leur servent de gites, sont des serpentines, comme au Mussinet, à Baudisséro... où l'on trouve de belles halbopales; des porphyres décomposés, comme à Cherwenitza, où l'on trouve les belles opales; des lydiennes, des cornéennes...

(3) *Leçons de Minéralogie*, tom. 2.

comme à Oberstein, où l'on trouve de belles agates, des jaspes, des laves décomposées; les magnésilites de Kosemitz, en Silésie, où se trouvent les prases, les chrysoprases...

La formation de ces substances a été opérée par les mêmes moyens que celle des cristaux dont nous venons de parler. La silice s'est combinée avec l'alumine, l'oxide de fer... La cristallisation n'a pas formé des cristaux réguliers, mais des masses arrondies.

Ces serpentines, ces porphyres décomposés, ces lydiennes, ces laves.... contiennent de la silice non-combinée. Les eaux, en traversant ces substances, s'emparent de cette silice, la charrient, et vont la déposer en petites *masses arrondies*, comme on l'observe distinctement dans les calcédoines déposées sur le pissaphalte près de Clermont, en Auvergne, dans les agates d'Oberstein, dans les prases et chrysoprases de Kosemitz...

Cette silice étant mélangée avec de l'alumine.... ne peut former des cristaux réguliers.

Mais lorsque la silice se trouve pure dans un état parfait de dissolution, elle cristallise régulièrement, et forme au milieu de la masse de beaux cristaux de quartz, comme on l'observe dans les calcédoines d'Auvergne, dans les agates d'Oberstein, dans les prases de Silésie.

DE LA COMPOSITION DES ARGILES DES TERRAINS PRIMITIFS.

On trouve souvent dans les terrains primitifs, des masses argileuses plus ou moins considérables. J'ai observé quelquefois, au milieu des granits ou des porphyres, des fentes peu étendues remplies d'une argile extrêmement tenace.

Mais les argiles qu'on rencontre le plus souvent dans les terrains primitifs, sont des produits de la décomposition des por-

phyres, des granits, des schistes micacés, des cornéennes, des schistes primitifs... On y trouve encore le plus souvent des portions de ces diverses roches, qui ne sont point décomposées.

Ceci s'observe surtout dans les argiles, dont on fait les porcelaines. On y voit ordinairement les élémens des porphyres ou des granits, dans lesquels les feldspaths dominent : il y a aussi souvent du mica... mais on pulvérise avec soin ces substances, et leurs divers élémens ne paraissent plus.

Mais dans les argiles primitives dont on fait la tuile, la brique... et qu'on emploie telles qu'on les trouve, sans les réduire en poudre, j'y ai distingué encore très-souvent des cristaux de feldspaths, des portions de mica, des hornblendes, des quartz... Ces argiles, par conséquent, ne sont pas homogènes.

Les argiles primitives, qui sont le produit de la décomposition des pétrosilites, des cornéennes, des schistes primitifs... sont plus homogènes, parce que ces diverses substances, dont elles sont f ormé, sont à peu près homogènes.

Mais j'ai observé, dans les terrains primitifs, des argiles qui ne proviennent point de la décomposition des substances pierreuses, telles sont celles qui existent dans des fentes de roches granitiques, porphyriques... Elles paraissent homogènes, et paraissent formées aux mêmes époques que les granits.

DE LA COMPOSITION DES TERRES MAGNÉSIENNES, DES TERRES A FOULON...

Toutes les pierres magnésiennes, telles que les talcs, les serpentines, les arbestes, les arbestoïdes, les amianthes... peuvent se décomposer, comme les porphyres, les granits.... Elles fournissent également des terres qui contiennent des quantités plus ou moins considérables de magnésie, telles sont,

1°. Toutes les argiles à foulon, ou terres smectites.

2°. Les terres de Baudisséro, de Mussinet.... qui paraissent les produits de la décomposition des serpentines... car toutes les montagnes environnantes sont d'une serpentine verdâtre. On voit cette serpentine s'altérer peu à peu; enfin elle arrive à une véritable décomposition, ce qui produit ces terres de Baudisséro et de Mussinet, dont l'analyse a retiré,

Silice,
Magnésie,
Alumine.
. . . . .

Des eaux coulant sur ces terres en dissolvent la partie siliceuse, et en se mélangeant avec l'alumine, les oxides de fer.... vont former ces halbopales (1) dont nous avons parlé.

DE LA COMPOSITION DES PIERRES BARYTITES ET STRONTIANIQUES DES TERRAINS PRIMITIFS.

Ces deux terres, la baryte et la strontiane, forment deux ordres de pierres assez bornées. Quoique ces terres *pures* puissent cristalliser par l'art, on ne les a pas encore trouvées dans le règne minéral en cet état. Elles sont toujours combinées, ou avec l'acide carbonique, ou avec l'acide sulfurique; et c'est sous ces formes de carbonates et de sulfates qu'elles se présentent dans les terrains primitifs. Elles accompagnent particulièrement les filons métalliques.

Les barytites y sont abondans.

La strontiane combinée avec l'acide carbonique, a été pre-

(1) *Leçons de Minéralogie*, tom. 2, pag.

mièrement observée à Strontin, en Ecosse, d'où lui est venu son nom. Elle est avec un filon de galène, qui se trouve dans des gneis.

On l'a encore trouvée à Léadhills, également en Ecosse, avec de la galène :

Et à Braunsdorf, en Saxe....

Les strontianes sont beaucoup plus rares que les barytes.

Toutes ces pierres barytites, strontianites, sont de vrais sels neutres, qui ont cristallisé comme les calcaires, les gypses, les fluors.

DE LA COMPOSITION DES PIERRES GLUCINIQUES, CIRCONIENNES ET GADOLINIQUES.

On trouve dans les terrains primitifs des *émeraudes*, des *bérils*, des *hyacinthes* et des *gadolines* (1).

L'émeraude, ou béril, se trouve particulièrement dans les granits graphiques.

On a trouvé l'hyacinthe dans des granits de Suède, composés de feldspath et de hornblende.

La gadolinite se trouve à Ytterby, dans une roche composée de feldspath et de mica....

Nous avons exposé la manière dont on peut concevoir la cristallisation de toutes ces substances, qu'on doit considérer comme des mélanges de différens oxides. Elles ont la dureté et toutes les qualités des composés des oxides métalliques mélangés, tels que l'oxide de fer et de manganèse....

---

(1) *Leçons de Minéralogie*, tom. 2.

DE LA COMPOSITION DES SUBSTANCES MÉTALLIQUES, DANS LES TERRAINS PRIMITIFS.

Les substances métalliques se présentent, dans les terrains primitifs, sous différens états.

En filons ou *gangs* des Allemands.

En amas, nids ou rognons, *stock-werck* des Allemands.

En couches, *florz* des Allemands.

Nous allons parler de chacune de ces substances.

DES FILONS.

On appelle *filon*, une veine quelconque de substances hétérogènes au terrain dans lequel elles se trouvent, et qui le traverse dans une étendue plus ou moins considérable. Ce filon ou veine, s'étend presque toujours en ligne droite. Souvent il traverse plusieurs montagnes, et même des vallées, sans se déranger de sa direction.

Cependant, il est quelquefois interrompu par des masses hétérogènes qu'on appèle *crins*, *failles*, *spruns*.

D'autres fois, il est *étranglé*, c'est-à-dire, qu'il diminue au point qu'on ne l'aperçoit presque plus; et, plus loin, il reparaît avec sa première puissance, comme le filon de la *Biscaina*, au Mexique.

Il arrive souvent que plusieurs filons se croisent et se coupent dans des sens différens.

On distingue, en général, deux espèces de filons, les pierreux et les métalliques.

Les *filons pierreux* sont des veines de pierres différentes de celles du terrain où elles se trouvent. On observe, par exemple,

souvent des filons de quartz peu épais dans le gneis, qui se propagent, en ligne directe, à d'assez grandes distances.

« L'or des mines de Pataz, au Pérou, dit *Humboldt*, *His-* » *toire de la Nouvelle-Espagne*, pag. 604, se retire des *filons de* » *quartz* qui traversent les roches primitives ».

Les FILONS MÉTALLIQUES, dont il s'agit ici, sont des veines qui renferment une ou plusieurs substances métalliques.

On distingue, dans un filon, le toît, le mur et la salbande.

Le *toît*, T., est la partie qui couvre le filon.

Le *mur*, M., est la partie sur laquelle repose le filon.

La *salbande*, S., est une partie terreuse ou pierreuse, qui accompagne le minéral contenu dans le filon ; car tout l'espace compris entre le toît et le mur n'est pas ordinairement rempli des minerais. Les deux portions de la salbande, qui touchent le toît et le mur s'appèlent *lisières* du filon.

La *tête* du filon est sa partie la plus proche de la surface de la terre.

L'*inclinaison du filon* se mesure par sa direction, relativement à la verticale.

La *direction* du filon s'estime relativement à sa marche au sud ou au nord.

La *puissance* du filon est son épaisseur.

Le plus grand nombre des filons a plus de puissance à sa tête, et elle diminue à mesure que le filon s'enfonce dans le sein de la terre, ensorte que le filon affecte la forme d'un coin.

Cependant, il y a des exceptions à cette loi générale.

A Freiberg, en Saxe, il y a un filon appelé *Kuhcacht*, dont la puissance augmente en s'enfonçant.

En Franconie, le filon appelé *Golderanach*, a moins de puissance à sa tête.

Les filons métalliques se trouvent ordinairement dans les terrains primitifs, les gneis, les schistes primitifs, les lydiennes, les porphyres, les calcaires primitifs, les grauwackes.

Il y en a aussi dans les granits. J'ai vu un filon de galène dans du granit, dans la montagne d'Ajou; on en trouve également dans plusieurs autres montagnes.

DES STOCK-WERCKS OU *amas*.

Les substances métalliques se trouvent quelquefois en *amas* ou *nids*, que les mineurs allemands appèlent *stock-werks*.

Schreiber a décrit un grand nombre de petits filons, qui se trouvent à Allemont aux Chalanches, dans l'ancien Dauphiné, et qui, se réunissant forment des amas ou *stock-werks*. (Journal de Physique, année 1786.

« Le cinabre, dans la mine de Santa-Barbara, à Huancavelica, dit Humboldt, pag. 589, forme des *strates* particuliers. » Quelquefois, il se trouve en petits filons, qui se *traînent* et se » réunissent en amas (*stock-werks*), il en résulte que la masse » métallisée n'a généralement que 60 à 70 mètres de largeur ».

DES COUCHES MÉTALLIQUES; FLOEZ.

Les substances métalliques se trouvent quelquefois en couches, dans les terrains primitifs.

« La *Veta Madre*, ou le filon principal de Guanaxuato, dit » Humboldt, pag. 524, a beaucoup de ressemblance avec le cé» lèbre filon de *spital*, de Schemnitz, en Hongrie. Les mineurs » allemands, qui ont eu occasion d'examiner l'un et l'autre de

» ces minerais, ont agité la question si l'on doit les considérer
» comme de vrais *filons*, ou comme des *couches métallifères* (erz
» lager). En n'observant la Véta Madre de Guanaxuato que
» dans les mines de Valenciana ou de Rayas, où le toît et le
» mur sont du *thon-schieffer*, on serait tenté d'admettre la der-
» nière de ces opinions....

Tous les faits que nous venons de rapporter sont confirmés par les descriptions des puissans filons métalliques qu'on observe au Pérou et au Méxique, et qui nous ont été donnés par Humbold (1). Il parle d'abord des différens gîtes des substances métalliques.

« Le filon de Guanaxuato, dit-il, page 494, le plus riche
» de toute l'Amérique, traverse un schiste primitif (thon-
» schieffer), qui passe souvent au schiste talqueux (talk schief-
» fer). La serpentine de Zimapan paraît dénuée de tous mé-
» taux. »

(« Les riches filons de Zacatecas sont également dans des
» schistes primitifs, page 534 »).

« Les porphyres du Méxique, dit-il, page 494, peuvent être considérés, en grande partie, comme des roches éminemment riches en mines d'or et d'argent..., ce qui les caractérise tous, c'est la présence constante de l'amphibole (hornblende) et l'absence du quartz si commun dans les porphyres primitifs de l'Europe, surtout dans ceux qui forment des couches dans les gneis. Le feldspath commun se présente rarement dans les porphyres méxicains : il n'est propre qu'aux formations les plus anciennes, à celles de Pashuca, de Real del Monte, et de Moram,

---

(1) *Histoire de la Nouvelle-Espagne*, pag. 493 et suivantes.
Journ. de Phys., tom. 71, pag. 566.

dont les filons fournissent deux fois autant d'argent que la Saxe entière... »

« Le plus souvent on ne découvre dans les porphyres de » l'Amérique espagnole, que du *feldspath vitreux ;* la roche qui » est traversée par le riche filon aurifère de Villapando, près de » Guanaxuato, est un porphyre dont la base se rapproche du » klingstein (phonolite) et dans lequel l'amphibole est extrê- » mement rare. »

« Plusieurs de ces terrains, de la nouvelle Espagne, ont de » grandes analogies avec les roches problématiques de la Hon- » grie, désignées par Déborn, sous la dénomination de *Saxum* » *métalliferum.* »

» Les filons dé Zimapan, les plus instructifs sous le rapport » des minéraux, traversent des porphyres à base de grunstein, » porphyres qui paraissent appartenir aux roches trappéennes » de nouvelle formation. »

« Parmi les roches de transition qui renferment des minerais d'argent, on peut citer le calcaire de transition (uebergangs kalkstein) du Réal del Cardinal, de Xacala, et de Lomo du Toro au nord de Zimapan. »

« Le *grauwacke* alternant avec le *grauwacke-schieffer*, n'est » pas moins riche en métaux au Mexique, que dans plusieurs » parties de l'Allemagne. C'est dans cette roche, dont la forma- » tion a précédé immédiatement celle des roches secondaires, » que paraissent se trouver plusieurs filons de *zacatecas.* »

« A Villapando (page 504), l'or se trouve en grande quan- » tité dans un limon argileux.

» A mesure que le nord du Mexique sera parcouru par des » géologues instruits, on reconnaîtra que les richesses métal- » liques du Mexique n'appartiennent pas exclusivement aux » terrains primitifs et aux montagnes de transition; mais,

» qu'elles s'étendent aussi à celles de *formation secondaire.* » J'ignore si le plomb qui s'exploite dans la partie méridionale » de l'intendance de San Luis Potosi, se trouve en filons ou » en couches; mais il paraît certain que les filons d'argent du » Réal de Catorce, comme ceux du Doctor et du Xaschi, près » de Zimapan, traversent la *pierre calcaire alpine* (alpenkalkstein). Cette roche repose sur un poudding à ciment sili- » ceux, que l'on peut regarder comme la plus ancienne des » formations secondaires; le calcaire alpin et le calcaire du » Jura (Jura kalkstein), renferment les célèbres mines d'ar- » gent de Tasco, et celles de Tehuilotepec, dans l'intendance » de México; et c'est dans ces roches calcaires, que les nom- » breux filons, qui sont dans ce pays l'objet d'une exploitation » très-ancienne, ont montré le plus de richesses.

» La filon de la *Vétanégra*, dans les Mines de la Sombrette » (page 536), est si riche qu'il a donné dans l'espace de quel- » ques mois, un produit net de plus de vingt millions de livres » tournois. Il se trouve dans une pierre calcaire compacte, qui » renfermait comme celle de la Sanceda, du kiesseschiffer, et » de la pierre lydique. C'est surtout dans ce district des mines, » qu'abonde *l'argent rouge sombre.* On l'a vu former toute la » masse des filons qui ont plus d'un mètre de puissance.

» Il résulte de cet aperçu général des *gites métallifères* (*Erz* » *fuhrende lagerstate*), que les Cordilières du Mexique offrent » des filons dans une grande variété de roches, et que celles » qui fournissent dans le moment actuel la presque totalité » de l'argent exporté annuellement de la Véra-Crux, sont les » *schistes primitifs*, la *grawacke*, et la *pierre calcaire alpine*, » traversés par les principaux filons de Guanaxuato, de Zaca- » tecas et de Catorce.

» C'est aussi dans un schiste primitif, sur lequel repose du » porphyre argileux, contenant des grenats, que sont renfer-

» mées les richesses du Potosi, dans le royaume de Buénos-
» Ayres.

» Au Pérou, au contraire, c'est dans la pierre calcaire alpine
» que se trouvent les mines de *Hualguyoc*, ou de Chora, et
» celles de *Yauricocha*, ou de Pasco, qui, ensemble, rendent
» annuellement deux fois autant d'argent que toutes les mines
» d'Allemagne.

» Plus on étudie en grand la constitution géologique du
» globe, et plus on reconnaît qu'il existe à peine une couche
» qui, dans de certaines contrées, n'ait été trouvée éminem-
» ment métallifère ».

» Le plus souvent la richesse des filons est indépendante de
» la nature des couches que ces filons traversent ».

Des terrains volcaniques paraissent aussi contenir des substances métalliques.

On trouve, au Vésuve, de l'arsenic sulfuré rouge, ou réalgar sublimé.

Il y aussi du plomb sulfuré ou galène.

Au Mexique, des terrains volcaniques contiennent également des substances métalliques.

« Du sein de ces montagnes de calcaire compacte secon-
» daire (à Catorce), dit Humboldt, pag. 536, s'élèvent, comme
» dans le Vicentin, des masses de basalte et d'amygdaloïde po-
» reuses, qui ressemblent à des produits volcaniques, et qui
» renferment de l'*olivine*, de la zéolite et de l'obsidienne. Un
» grand nombre de filons peu puissans, et très-variables dans
» leur largeur et leur direction, traverse la pierre calcaire, qui
» elle-même recouvre un *thon-schieffer* de transition ».

Les gîtes métalliques varient beaucoup pour leurs richesses.
Il en est qui contiennent peu de substances métalliques, d'autres

en contiennent de grandes quantités, et ils se propagent à des distances plus ou moins considérables.

« On observe, dit Humboldt, pag. 496, dans les mines les
» plus célèbres de l'Europe, que les terrains souterrains se
» dirigent sur une multitude de filons *peu puissans*, comme
» dans les montagnes primitives de la Saxe, ou sur un très-
» petit nombre de *gîtes de minerais* d'une puissance extraordi-
» naire, comme Clausthal au Hartz, et près de Schemnitz,
» en Hongrie.

» Les Cordilières du Mexique offrent de fréquens exemples
» de ces deux genres d'exploitation. Cependant, les districts
» des mines dont la richesse est la plus considérable, ceux de
» Guanaxuato, de Zacatecas et de Réal del monte, ne pré-
» sentent chacun qu'un filon principal (*Véta Madre*). On cite,
» à Freyberg, comme un phénomène remarquable, le filon
» appelé *Halsbrükner spath*, dont la puissance est de deux
» mètres, et qui a été reconnue dans une longueur de six mille
» deux cents mètres. La *Véta Madre* de Guanaxuato, dont il a
» été extrait, dans les derniers dix ans, plus de six millions de
» marcs d'argent, a une puissance de 40 à 45 mètres. Elle est
» exploitée depuis Santa-Isabella et San-Bruno, jusqu'à Buona-
» vista, sur une longueur de plus de 12,700 mètres.

» Les quatre filons (dit-il, pag. 539) de la *Biscaina*, du *Ro-*
» *sario*, de *Cabreka* et de *Lincino* parcourent les districts de Réal
» del monte, de Moran et de Pachuca, à des distances extraor-
» dinaires, sans changer de direction, et presque sans rencon-
» trer d'autres filons qui les traversent ou les dérangent ».

Les filons se trouvent à différentes élévations au-dessus du niveau de la mer.

« Dans l'ancien continent, dit Humboldt, page 496, les
» filons de Freyberg et de Chausthal, qui traversent des mon-

» tagnes de gneis et de grauwacke, viennent au jour dans des
» plateaux, dont l'élévation n'est que de 350 à 370 mètres;
» Cette élévation peut être regardée comme la hauteur moyenne
» des mines les plus abondantes de l'Allemagne.

» Dans le nouveau continent, les richesses métalliques sont
» déposées, par la nature, sur le dos même des cordilières,
» quelquefois dans des sites peu eloignés des limites des neiges
» perpétuelles. Les exploitations les plus célèbres du Méxique,
» se trouvent à des hauteurs absolues de 1,800 à 3,000 mètres.

» Dans les Andes, les districts des mines du Potosi, d'O-
» ruro, de la Paz, de Pasco, et de Hualgayoc, appartiennent à
» une région dont l'élévation surpasse celle des plus hautes
» cîmes des Pyrénées. Près de la petite ville de Muipampa,
» dont la grande place, d'après ma mesure, est élevée de 3,618
» mètres au-dessus du niveau de la mer, un amas de minerai
» d'argent connu sous le nom de *cerro de hualgayoc*, a offert
» d'immenses richesses dans ses affleuvemens, à une hauteur
» absolue de 4,100 mètres. »

Les filons se coupent quelquefois.

« A Villalpando, dans les mines de Santa-crux, dit hum-
» boldt, page 504, le filon principal est traversé par un grand
» nombre de petits filons pourris, d'une richesse extrême.

» Le limon argileux, dont ces filons sont remplis, contient
» une si grande quantité d'or, disséminé en parcelles impalpa-
» bles, qu'on force les mineurs, lorsqu'ils sortent presque nuds
» de la mine, de se laver dans des grandes cuves.

Les filons se divisent quelquefois en plusieurs branches, et d'autres fois ils se réunissent.

« Dans la mine de Valenciana, dit Humboldt, page 525,
» la *véta madre* a été trouvée sans ramification, et de 7 mètres
» de largeur depuis la surface, jusqu'à la profondeur de 170 mè-

» tres ; à ce point, elle se divise en trois branches, et sa puis-
» sance, en comptant du mur au toît de la masse entière, est
» de 50, quelquefois même de 60 mètres. De ces trois bran-
» ches de filons il n'y en a généralement qu'une seule qui soit
» riche en métaux. Quelquefois toutes les trois se *joignent* et se
» *traînent* comme à Valenciana, près du puits de San Antonio :
» à 300 mètres de profondeur, le filon offre d'immenses ri-
» chesses sur une puissance de plus de 25 mètres : dans la *Perti-*
» *nancia de Santa Leocadia*, on observe quatre branches. Un
» *trum*, dont l'inclinaison est de 65 degrés, se sépare de la
» branche inférieure (*cuerpo baxo*) et coupe les feuillets de la
» roche du mur. »

« Le filon de la Biscaina, dit-il, page 540, se divise en trois
» filons différens.

» Le filon de Cinabre, dit-il, page 589, se divise en petits
» filons qui se *traînent* et se réunissent en amas (*stockwerke*).

Quelques filons paraissent se perdre pendant un certain espace, sont *étranglés*, et se retrouvent ensuite avec leur même puissance.

« Le filon de la Biscaina, dit Humboldt, pag. 542, à l'est
» et à l'ouest du point central où il était le plus riche, c'est-à-
» dire, le puits de Santa-Theresa, se trouve ÉTRANGLÉ sur une
» distance de plus de 400 mètres. Il conserve sa direction pri-
» mitive ; mais, dépourvu de métaux, il est réduit à une veine
» presque imperceptible. Pendant long-tems, on avait cru que
» ce filon se perdait insensiblement dans la roche ; mais,
» en 1798, on découvrit des métaux très-riches, à une dis-
» tance de plus de 500 mètres à l'est et à l'ouest du centre
» des anciens travaux. On creusa dès-lors les puits de San-Ramo
» et de San-Pedro : on reconnut que *le filon reprend son ancienne*
» *puissance*, et qu'un champ immense se présente à de nou-
» velles exploitations ».

Plusieurs filons sont presque horizontaux.

D'autres approchent plus ou moins de la verticale.

Enfin des troisièmes sont en partie horizontaux, et en partie verticaux ; c'est-à-dire qu'ils sont coudés.

Mais le plus grand nombre des filons est incliné. Il paraît même que les plus riches sont inclinés de 40 à 60 degrés. Celui de Guanaxuato, peut-être le plus riche qu'on connaisse, est incliné de 45 à 48 degrés au sud-ouest.

Les substances métalliques sont rarement pures dans les mines. Elles sont le plus souvent mélangées entr'elles; ainsi l'or y est presque toujours mélangé avec l'argent, le fer.

L'argent y est mélangé avec l'or, le fer... et la plupart des autres métaux.

Le tellure est mélangé avec l'or, l'argent, le plomb...

Au Mexique, l'argent se trouve ordinairement en filons, en amas, en couches.

« Mais l'or mexicain, dit Humboldt, page 503, provient, » pour la plus grande partie, des terrains d'alluvion, dont on » l'extrait par des lavages.

» Une autre partie de l'or mexicain est extraite des filons » qui traversent les montagnes de roches primitives. C'est dans » la province d'Oaxaca que les filons d'or natif sont les plus » fréquens.

» L'or péruvien, dit-il page 604, provient en partie des » provinces de Pataz et de Huailas, où on le retire des filons de » quartz, qui traversent des roches primitives, en partie des » lavages. »

La platine est également dans les terrains d'alluvion. On n'en a pas encore trouvé de filons.

DE LA FORMATION DES FILONS.

L'origine des gites ou amas des substances métalliques, et leur formation, ont été les objets de grandes discussions parmi les minéralogistes.

Quelques auteurs, tels que Descartes, Kircker... ont supposé que les substances métalliques, qu'on trouve à la croûte du globe, ont été sublimées de son centre, ou au moins d'une grande profondeur, par la chaleur souterraine, et se sont déposées dans le sein des montagnes...

(Ils avaient attribué à la même cause l'origine des fontaines.) Mais cette hypothèse, n'étant appuyée par aucun fait, est aujourd'hui presque généralement abandonnée.

L'opinion la plus universellement reçue suppose que toutes ces substances qui forment les filons, soit pierreux, soit métalliques, existaient avec les terrains qui les contiennent aujourd'hui, et se sont ensuite déposées suivant les lois des affinités.

Mais comment ont-elles été ainsi déposées, ou en *filons*, ou en amas, *Stockwercks*, ou en couches, *Floez*?

Agricola disait qu'il s'était formé, dans les montagnes à filons, des fentes plus ou moins considérables, larges en haut *au jour*, et se terminant en coins dans leurs parties inférieures. Des eaux chargées de substances métalliques ou pierreuses, sont venues postérieurement remplir ces fentes, et y ont déposé les filons métalliques ou pierreux.

Quelques minéralogistes qui ont adopté cette opinion d'Agricola, pensent que ces fentes furent remplies par les eaux des mers, et que parconséquent ces filons furent formés dans le sein des mers.

D'autres soutiennent que ces fentes ne furent formées qu'après

que les continens furent sortis du sein des mers, et qu'elles furent remplies par des eaux douces, qui y déposèrent les substances métalliques.

D'autres disent que tous les filons, plus ou moins inclinés, ou verticaux, ont été déposés primitivement en couches horizontales, ou à peu près horizontales; et postérieurement ces terrains ont été renversés, et les filons, d'abord horizontaux, se sont trouvés plus ou moins inclinés.

J'ai fait voir (*Théorie de la Terre*, tome 4, page 100) que ces opinions ne pouvaient se soutenir, et qu'il fallait rechercher la formation des filons dans les lois générales de la cristallisation.

Car lorsque les filons se divisent, et se réunissent ensuite, comme les filons de la Biscaina, celui de Valenciana, celui de Cinabre, des mines de Santa-Barbara... quelle est la cause qui aurait produit ces effets, dans l'hypothèse que les filons auraient été des fentes?

Je pense donc que primitivement les masses métalliques et pierreuses, dont sont formés les filons, étaient mélangées avec les diverses substances, dont furent composées les montagnes et autres terrains primitifs où se trouvent ces filons.

Dans la cristallisation générale de ces masses, chacune de ces substances obéit aux lois générales des affinités, et se réunit en portions plus ou moins considérables, les granits, ou les porphyres, les gneis... les substances métalliques, se réunirent également, ou en *filons*, ou en *amas*, ou en *couches*.

Lorsque la cristallisation ne fut pas précipitée, il se forma des cristaux distincts, et chaque substance cristallisa séparément; ainsi on trouve souvent, dans un même filon, des cristaux

D'or,

D'argent natif,

De cuivre,

D'antimoine,
Des galènes,
Des blendes,

. . . . . .

Des quartz,
Des fluors,
Des barytites,
Des strontianites.

. . . .

Lorsque la cristallisation a été un peu précipitée, ces différentes substances pierreuses et métalliques sont plus ou moins mélangées, et on ne les distingue qu'avec peine.

Enfin, lorsque la cristallisation a été très-précipitée, les substances métalliques furent toutes mélangées, et formèrent des masses, telles que les diverses variétés de *sulfures*, de *grangiltigers*, de *cuivre gris*.

Mais quelques fois ces substances métalliques ne purent toutes se réunir en *filons*, en *amas* ou en *couches*, et il en demeura une partie disséminée dans la masse des montagnes, et qui forme ce qu'on nomme des mouches.

Cet exposé prouve que la formation des filons, soit métalliques, soit pierreux, des terrains primitifs, s'est opérée suivant les lois générales de la cristallisation, et que chaque substance a obéi aux affinités, dans la formation première des terrains primitifs.

Mais nous avons vu que postérieurement il y a eu des masses métalliques des filons déposés dans des terrains qui ont été remaniés par les eaux, comme des *granwackes*, dans des *terrains volcaniques*...

De puissans filons se trouvent dans les granwacks de *Zacatecas*....

Des filons se trouvent dans des terrains volcaniques contenant de l'olivine, comme à *Catorce*...

On doit conclure que les masses métalliques ont été déposées dans ces terrains à des époques postérieures à la première formation des terrains primitifs. Elles ont été mélangées avec ces diverses substances, et s'en sont séparées en obéissant aux lois des affinités....

Une des principales difficultés qui se présente, est de savoir pourquoi ces cristallisations des substances métalliques n'ont pas toujours formé des *amas*, mais ont fait le plus souvent, dans le sein des montagnes, des veines, ou filons, plus ou moins prolongés en ligne droite, quelquefois à des distances considérables, ainsi que nous l'avons vu.

Il y a des faits qui peuvent jeter quelque lumière sur cette direction en ligne droite des filons. Quelques schistes sont traversés en ligne droite par des filons quartzeux très-minces. Les lois des affinités ont fait séparer ces quartz des autres substances.

Ces quartz forment quelquefois des amas, ou espèce de stockwercks.

D'autres fois, ils cristallisent en *filons*, plus ou moins prolongés.

Les mêmes phénomènes ont eu lieu pour les substances métalliques.

DE LA COMPOSITION DU CARBONE, ET DE L'ANTHRACITE DANS LES TERRAINS PRIMITIFS.

Le carbone se trouve en assez grande quantité dans les terrains primitifs sous forme d'anthracite. Il y en a dans la Maurienne...

On en a trouvé dans du granit, commune de Mussi, proche la Clayette.

Le carbone est aussi très-abondant dans ces terrains, combiné avec l'oxigène, sous forme d'acide carbonique.

Mais l'anthracite peut être dans les terrains secondaires. Héricart de Thury en a trouvé aux Challanches, en Dauphiné, avec des impressions de plantes. Sans doute il y a été apporté des terrains primitifs.

L'anthracite se trouve ordinairement en amas, ou espèce de stock-werk....

Il faut donc supposer que l'anthracite a été déposé comme les mines métalliques, et par les mêmes causes.

Car le carbone pur peut être considéré comme les métaux purs, comme la baryte, comme la strontiane pure, et cristalliser de la même manière.

On pourrait peut-être aussi considérer l'anthracite comme un oxide de carbone, qui est combiné avec l'oxide de fer...."

DE LA COMPOSITION DE LA PLOMBAGINE DANS LES TERRAINS PRIMITIFS.

La plombagine ne se trouve que dans les terrains primitifs, et elle n'y est qu'en assez petite quantité.

La plombagine forme le plus souvent des amas des espèces de *stock-werck*, comme celle de Reswick, dans le duché de Comberland, en Angleterre. Elle s'y trouve dans des schistes primitifs (thon schieffer), et y forme des amas ou rognons, qui ont jusqu'à neuf pieds de puissance.

Elle forme rarement des *filons*.

Sa cristallisation s'est opérée, comme celle des substances métalliques, suivant les lois des affinités; on doit la considérer comme une combinaison d'oxide de fer, et d'oxide de charbon.

DE LA COMPOSITION DU SOUFRE DANS LES TERRAINS PRIMITIFS.

Le soufre se trouve en grande quantité dans les terrains primitifs. Mais il y est le plus souvent en état de combinaison sous deux états différens.

1°. A l'état de sulfure, comme dans tous les métaux sulfurés, les sulfures d'argent, de cuivre, de fer, de plomb, d'étain, de zinc, d'antimoine....

2°. Le soufre se trouve aussi combiné avec l'oxygène, comme soufre rouge, acide sulfureux, et acide sulfurique.

Le soufre se trouve aussi quelquefois pur dans les terrains primitifs. Deborn parle de soufre natif qui se trouve dans du schiste micacé à Glashult, près de Schemnitz, en Hongrie. (*Catalogue du Cabinet de mademoiselle Roab*, tome 2, page 94).

On a également trouvé du soufre à Moutiers, dans des terrains primitifs.

On doit supposer que le soufre a été formé primitivement, ainsi que les autres substances, comme nous l'avons dit, et a cristallisé de la même manière, comme la baryte et la strontiane pures, les métaux natifs....

DE LA COMPOSITION DU PHOSPHORE DANS LES TERRAINS PRIMITIFS.

Le phosphore n'a point été trouvé pur dans les terrains primitifs. Il a trop d'affinité avec l'oxygène.

Mais il y est combiné avec l'oxygène sous forme d'acide phosphorique, comme dans les phosphates de plomb, de fer....

Ou dans les appatits, ou phosphates terreux.

La formation et la cristallisation de toutes ces substances, les métalliques, l'anthracite, la plombagine, le soufre, le phosphore.... se sont opérées par les moyens que nous avons exposés.

Il faut supposer que dans le principe, leurs molécules étaient à l'*état naissant*.

DE LA DIRECTION DES FILONS MÉTALLIQUES DES TERRAINS PRIMITIFS.

Des savans mineurs prétendent que les filons métalliques affectent en général des directions particulières. Genetté suppose que cette direction est en général de l'ouest à l'orient, c'est-à-dire du couchant au levant. Voici ce qu'il en dit dans son ouvrage de l'*Origine des fontaines*, page 92.

« Dans les mines, les marches des veines d'or, d'argent, de » cuivre, de plomb, et autres qui me sont connues en Europe, » telles que celles de *Hurtz* haut et bas, du comté de *Mansfeld*, » de la *Misnie*, de la *Bohême*, de la *Hongrie*, de la *Transilvanie*, etc. Cette marche, dis-je, marque une plus grande ré- » gularité que celle des chaînes de montagnes qui élèvent les » continens de toutes les parties de la terre habitable : car, » depuis le Hartz jusqu'au centre des mines de Transilvanie, la » marche générale ou la traînée des veines contenant les métaux » et les minéraux dont je viens de parler, se dirige du couchant » au levant, en se déclinant seulement au midi de neuf à dix » degrés. La marche particulière des veines capitales de chaque » pays, ne diffère pas sensiblement de la direction générale ».

Les mines métalliques du Méxique et du Pérou paraissent également affecter des directions particulières.

« La partie des montagnes méxicaines qui produit aujour-
» d'hui la plus grande quantité d'argent, dit Humboldt pag. 500,
» est contenue entre les parallèles de vingt-un et de vingt-
» quatre degrés et demi. Les célèbres mines de Guanaxuato
» ne sont éloignées en ligne droite de celles de San-Luis-
» Potosi, que de trente lieues ; de San-Luis à Zacatecas il y
» en a quarante, de Zacatecas à Catorce trente-une, et de Ca-
» torce à Durango, soixante-quatorze lieues.

» Il est assez remarquable que les richesses métalliques de la
» Nouvelle-Espagne et du Pérou se trouvent placées dans les
» deux hémisphères, presque à égale distance de l'équateur ».

Il divise les mines du Méxique en huit groupes principaux.

« Le groupe central des mines du Méxique, Guanaxuato, Catorce, Zacatecas est de 21° à 24° 10′ de latitude boréale, et de 102° 39′ à 105° 5′ de longitude occidentale.

» Le second groupe (de Durango et de Sonora), est de 23°
» à 24 degrés 15′ de latitude boréale, et 106° 30′ à 109° 30′ de
» longitude occidentale à 109° 50′

» Le troisième groupe (celui de chihuahua), est de 26° 50′
» à 29° 10′ de latitude boréale, et de 106° 45′ à 108° 50′ de
» longitude.

» Le quatrième groupe (celui de la Biscaina), est de 20° 5′ à
» 20° 15′ de latitude boréale, et de 100° 45′ à 100° 52′ de lon-
» gitude ».

» Le cinquième groupe (groupe de Zimapan), de 20° 40′ à
» 21° 30′ de latitude boréale, est de 100° 30′ à 102° de lon-
» gitude.

» Le sixième groupe, (celui de la nouvelle Galice), est de

» 21° 5′ à 22° 30′ de latitude boréale, et de 105 à 106° 30′ de
» longitude occidentale.

» Le septième groupe (celui de Tasco), de 18° 10′ à 19° 20′
» de latitude boréale, est de 101° 30′ à 102° 45′ de longitude.

» Le huitième groupe (celui de Oaxaca), de 16° 40′ à 18°
» de latitude boréale, est de 98° 15′ à 99° 50′ de longitude
» occidentale ».

Les mines du Pérou sont pareillement à une distance égale de l'équateur, dans la latitude australe.

Ces faits présentés par Genetté, par Humboldt, sont précieux, mais je pense qu'il n'y a pas encore un assez grand nombre de faits constatés pour pouvoir fournir une opinion motivée sur cette direction des filons métalliques. On doit continuer de recueillir des faits, et suspendre encore son jugement.

DE LA COMPOSITION DES ROCHES, OU PIERRES AGRÉGÉES DES TERRAINS PRIMITIFS.

J'ai décrit les roches dans mes *Leçons de Minéralogie*, tom. 2, page 428, et je les ai divisées en plusieurs ordres, à raison des substances dont elles sont composées.

1. *Roches siliceuses.*
2. *Roches argileuses.*
3. *Roches magnésines.*
4. *Roches calcaires.*
5. *Roches baritiques.*
6. *Roches strontianiques.*
7. *Roches gluciniques.*
8. *Roches circoniennes.*
9. *Roches gadoliniques.*

10. *Roches sulfureuses.*
11. *Roches anthracienes.*
12. *Roches métalliques.*
13. *Roches volcaniques.*

Il faut ajouter,

14. *Roches salines*, telles que celles qui contiennent du borax, du sel marin, du sel ammoniac.

Pour bien concevoir la cristallisation de ces roches ou pierres agrégées, il faut rappeler ce que nous avons dit sur la cristallisation des différentes pierres homogènes.

Le quartz paraît composé de silice pur : c'est un oxide de silicienne.

Le saphir est composé d'alumine pur : c'est un oxide d'aluminium.

Nous avons vu que cette silice a été formée primitivement par la combinaison des parties premières de matière, ou par celle des fluides éthérés ou aériformes. Ses molécules, à l'*état naissant*, se sont combinées entr'elles, soit dans le vide, soit dans l'air, lorsqu'elles se sont rencontrées, et ont formé les quartz, les opales.... suivant la nature de la cristallisation.

Les mêmes combinaisons ont pu s'opérer dans le sein des eaux....

L'alumine a été produite de la même manière, soit dans le vide, soit dans l'air, soit dans l'eau, et a, par ses combinaisons, produit les saphirs, les corrindous....

Ces deux terres, la silice et l'alumine, ont pu, dans les mêmes circonstances, se combiner entr'elles, et auront formé les ceylanites, les chrysopales....

Ces deux terres, la silice et l'alumine, pourront se combiner

avec les autres terres, des oxides métalliques, des alkalis... et formeront diverses substances.

Le feldspath, par exemple, est composé de silice, d'alumine, de chaux, de potasse, de fer oxidé... Toutes ces substances se seront combinées entr'elles.

Le mica est composé de silice, de magnésie, de chaux, de potasse, de fer oxidé....

L'hornblende est composé de silice, d'alumine, de chaux, de magnésie, de potasse, de fer oxidé....

Le grenat est composé de silice, d'alumine, de chaux, de fer oxidé...

. . . .

Supposons réunies de grandes quantités de ces différentes terres, de ces alkalis, de ces oxides métalliques...

Supposons que toutes ces substances cristallisent ensemble, et forment des masses homogènes... ce seront des pétrosilex, des cornéennes, des lydiennes, des schistes...

Supposons que toutes ces terres, alkalis, oxides, métalliques... cristallisent séparément en petites masses réunies, elles formeront des granits, des gneis, des granitoïdes, des porphyres, des porphyroïdes....

Lorsque des acides viendront se réunir à ces diverses substances terreuses, alkalines, métalliques... ce seront de nouvelles combinaisons, des sels neutres...

Si un acide se combine à une seule terre, par exemple, on aura du calcaire, du gypse, du fluor, de l'appatit, du barytite, du strontianite....

Si un acide se combine avec plusieurs terres, on aura la topaze, le rubis...

Enfin, si l'acide se combine avec plusieurs terres et avec des alkalis, on aura d'autres combinaisons, telle que la cryolite....

. . . .

Lorsque toutes ces cristallisations particulières se réuniront en petites masses, elles formeront les différens granitoïdes, porphyroïdes... dont nous avons parlé.

Toutes ces cristallisations s'opèrent comme celles de différens sels neutres mélangés, le nitre, le sel marin, la sulfate de potasse....

DES CAUSES DE L'INCLINAISON DES COUCHES DES TERRAINS PRIMITIFS.

Ces couches sont quelquefois horizontales; mais, le plus souvent, elles sont plus ou moins inclinées, et même approchent quelquefois de la verticale.

Les couches de gneis, dont est formé le Mont-Rose, par exemple, sont à-peu-près horizontales, dit Saussure.

Dans d'autres terrains primitifs, les couches sont plus ou moins inclinées, et approchent quelquefois de la verticale. Quelquefois elles sont arquées. Saussure, en parlant des *aiguilles rouges*, chaîne du Mont-Blanc, dit : « Ces roches sont divisées » par couches bien distinctes, à-peu-près verticales.... On y observe des veines, tantôt planes, tantôt ondées, mais toujours » régulières et parallèles entr'elles... §. 642 ».

Les Alpes, les Pyrénées, et toutes les grandes chaînes de montagnes primitives, présentent un nombre immense de couches diversement inclinées.

On doit donc distinguer trois états différens dans la stratification des couches primitives.

1°. Les couches *horizontales.*

Leur formation se conçoit facilement. Les eaux déposent le plus souvent dans une position horizontale, les substances

qu'elles tiennent ou en dissolution, ou dans un état de suspension, lorsque le sol sur lequel s'opère le dépôt est lui-même horizontal ; c'est ce qu'on observe constamment dans tous les dépôts que font les eaux.

2°. Les couches peu inclinées.

La formation des couches peu inclinées a été opérée à peu près comme celles des couches horizontales.

3°. Les couches assez inclinées pour approcher de la verticale.

Mais quelques couches des terrains primitifs approchent plus ou moins de la verticale. Plusieurs causes paraissent avoir concouru à leur formation.

a. Quelques-unes de ces couches ont pu avoir été formées par *cristallisation*, comme un des côtés du Mont-Blanc, élevé de 1600 toises, dont nous avons parlé.

b. D'autres couches seront verticales, si elles ont été déposées sur des terrains très-inclinés. Supposons effectivement des couches comme celles de Mont-Rose se déposer sur cette partie du Mont-Blanc, qui est presque verticale. Elles auront la même inclinaison.

Les couches de houilles de la montagne Saint-Gilles, proche Liége, en fournissent des exemples qu'on ne saurait révoquer en doute. Une partie de ces couches est horizontale ; d'autres sont plus ou moins inclinées ; enfin, quelques-unes sont presque verticales, comme on le voit dans la planche qu'en a donné Genetté.

c. Mais, souvent, cette inclinaison presque verticale des couches a été produite par des mouvemens postérieurs à leur formation.

1°. Par un affaissement de leurs bases.

2°. Par des tremblemens de terre. Nous verrons qu'ils sont

cristallisations minérales. Supposons que des nuages épais enveloppassent, dans ce moment, une partie de notre globe, ce qui devait avoir lieu souvent, et qu'ils laissassent seulement quelques passages à la lumière des rayons solaires ; s'ils ont demeuré quelques tems dans cette position, cette cause aura été suffisante pour déterminer la cristallisation dans l'endroit correspondant à la lumière, plutôt qu'ailleurs.

Des nuages plus ou moins chargés d'électricité auront encore pu déterminer ces cristallisations dans un endroit, plutôt que dans un autre, ainsi que nous l'avons vu.

Enfin, nous avons prouvé que les eaux avaient, dans ces tems, une température très-élevée. Il est possible que, par des circonstances locales, quelques portions de ces eaux se soient plus refroidies que d'autres, ce qui détermina des cristallisations particulières, dans ces endroits.

Ces causes, et peut-être quelques autres, purent donc déterminer, dans tel lieu, plutôt que dans tel autre, par exemple, des commencemens de cristallisations. De l'eau chargée, par exemple, d'un acide, rencontrant une autre eau chargée d'une terre, il se formera un sel peu soluble, tel que du spath calcaire, du spath pesant.... Ce nouveau sel cristallisera promptement. Or, un premier cristal formé, en attire d'autres qui viennent se réunir autour de lui, comme nous le voyons dans nos laboratoires de chimie, et il s'y amoncèle une masse de cristaux.

Les mêmes circonstances locales auront agi en divers endroits de la partie extérieure du globe, et y auront déterminé différentes masses de cristaux, qui auront formé des groupes plus ou moins proéminens. Ces masses se sont élevées dans le sein des eaux qui les contenaient, et *y ont formé nos montagnss primitives.*

Il est, par conséquent, demeuré des intestices entre ces di-

verses masses. Ces interstices étaient plus ou moins considérables ; Leur largeur était plus ou moins grande, et s'augmentait à mesure qu'on s'éloignait du centre des groupes de cristaux. Leur pente était plus ou moins rapide, suivant celle de ces groupes eux-mêmes. *Ce sont les vallées des terrains primitifs, et leurs plaines.*

Quelques-uns de ces groupes peuvent être à peu près verticaux. Ils formèrent, par conséquent, des montagnes très-escarpées, ce qui a formé les falaises. Une des faces du Mont-Blanc, celle qui regarde l'Italie, a environ 1600 toises d'élévation, presque verticale. Toutes ces chaînes, qu'on appelle *aiguilles*, forment également des masses, qui approchent plus ou moins de la perpendiculaire. Toutes les grandes masses des montagnes primitives présentent de ces pics élevés, dont quelques-unes des faces sont plus ou moins verticales. Néanmoins, les faces de la plus grande partie de ces montagnes sont devenues plus ou moins inclinées par le laps de tems. Elles ont été dégradées....

Les grandes masses de ces montagnes primitives offrent un autre phénomène assez remarquable, c'est que leurs pentes sont en général inégales. Celles d'un côté sont roides et escarpées, et la pente des autres est douce et se prolonge au loin. Les pentes des Cordilières, du côté de la mer du Sud, sont roides, et celles du côté de la mer Atlantique, sont très-prolongées du côté de la Guyane et du Brésil.... Ceci est encore un effet des circonstances locales.

Enfin, dans toutes les grandes masses de montagnes primitives, on observe un centre commun d'attraction, vers lequel se dirigent toutes les couches. Par exemple, toutes les couches des montagnes primitives, qui sont aux environs du Mont-Blanc, se dirigent vers ce centre principal.

On m'a fait une objection sur cette formation des terrains pri-

mitifs, et on m'a dit : « Si ces montagnes étaient formées par
» cristallisation, elles devraient avoir des formes régulières,
» comme les cristaux eux-mêmes. Elles seraient tétraèdres, oc-
» taèdres, cubiques-rhomboïdales.... »

J'ai répondu qu'elles ne sont pas, dans mon hypothèse, des cristaux isolés, mais des masses, des groupes, des cristaux : lorsqu'on place, par exemple, dans un marais salant un mât, il se forme autour de ce mât des groupes de cristaux, qui forment une monticule. Cette monticule n'a point de forme régulière, tandis que chaque cristal particulier a conservé la sienne, la cubique.

Je puis ajouter que toutes les masses de montagnes primitives ont été, depuis leur formation, altérées et dégradées par les frimats, les pluies.... Leurs hauteurs et leurs masses diminuent journellement. Leurs pentes deviennent plus douces..... elles se rapprochent de l'angle de quarante-cinq degrés.... Leurs débris vont combler les bassins des mers, et exhausser les plaines.

Les pics élevés des hautes montagnes se dégradent encore journellement. Les voyageurs voyent souvent ces éboulemens s'opérer sous leurs yeux.

Deux autres opinions, sur la formation des montagnes, ont été soutenues par des géologues.

Les uns, tels que Pytagore, ont dit que les montagnes ont été soulevées du sein du globe, comme l'ont été quelques montagnes volcaniques...

D'autres ont cru que les montagnes ont été formées par des affaissemens de terrains....

J'ai démontré, *Théorie de la Terre*, tome 5, que ces opinions ne pouvaient se soutenir.

D'ailleurs les montagnes de la Lune, de Vénus.... sont si élevées, qu'elles n'auraient pu avoir été produites par aucune de ces deux causes.

DE LA FORMATION DES CAVITÉS, OU CAVERNES, QUI SE TROUVENT DANS LES TERRAINS PRIMITIFS.

Nous avons supposé que les substances cristallisées, dont sont composés les terrains primitifs, ont formé une masse solide, dans laquelle il n'y avait aucune cavité considérable. La densité de l'intérieur du globe, plus considérable que celle de sa surface, confirme cet aperçu.

Cependant de savans géologues ont supposé des cavités très-considérables dans l'intérieur du globe. Les *Chaldéens disaient que le globe était creux*, dit Diodore de Sicile, liv. 1, p. 275.

Descartes, *Kircher*, *Beccher*... ont adopté la même opinion; mais ils n'en n'ont donné aucunes preuves.

Ainsi, sans nier la possibilité de ces grandes cavités, nous nous en tiendrons seulement aux faits. Dans toutes les parties des terrains primitifs où nous avons pénétré, on n'a observé aucune cavité considérable. On ne trouve que rarement quelque grottes peu étendues, de quelques toises seulement, qu'on appelle *fours à cristaux*.

Elles ont pu être produites comme dans les grandes masses de cristaux. Toute la masse, en cristallisant, s'est réunie. Il est demeuré quelques espaces assez peu considérables vides. Aussi la plus grande partie de ces cavités est ordinairement tapissée de tout côté de cristaux réguliers, ce qui leur a fait donner le nom de *fours à cristaux*.

Ces cavités s'allongent quelquefois. Elles ont peu de largeur, mais elles paraissent s'étendre à de grandes distances en longueur. Elles portent alors le nom de *fentes*.

Attendons de nouveaux faits.

Mais nous avons vu ci-devant (tome 1, page 22) que le refroidissement du globe doit produire à sa surface des fentes plus ou moins considérables, qui se prolongent au loin, comme celles des glaciers, ou mers de glaces : ces fentes sont produites par les mêmes causes. La partie extérieure du glacier subit un plus grand refroidissement que sa partie intérieure, qui touche la terre : elle doit donc se fendre comme une masse épaisse de verre incandescent, qui se refroidit.

Le globe terrestre a 2865 lieues de diamètre ; il a eu une grande chaleur, et il se refroidit contiuuellement. Ce refroidissement est, comme celui du glacier, plus considérable à sa surface : il doit donc s'y produire également des fentes plus ou moins considérables, et qui s'étendront à de grandes distances.

Ces fentes auront-elles pu servir de bassins à des mers, comme à la mer Rouge, à la mer Atlantique, au golfe Persique... ?

DE L'ACTION DES COURANS À LA SURFACE DES TERRAINS PRIMITIFS, SOIT AVANT QUE LES CONTINENS FUSSENT DÉCOUVERTS, SOIT APRÈS.

Les eaux qui couvraient le globe ont exercé une grande action sur les différens terrains primitifs, soit avant l'apparition des continens, soit après qu'ils furent découverts. Nous avons exposé précédemment une partie des effets qu'ils ont produits, il serait superflu de le répéter....

Nous allons maintenant donner des descriptions des divers phénomènes qui en sont résultés.

Les courans ont altéré et dégradé la surface primitive du globe, telle que l'avait formée la cristallisation générale dans le

sein des eaux. L'élévation des montagnes a été diminuée : leurs angles ont été arrondis... leurs faces abruptes sont adoucies....

Les plaines sont encombrées de débris charriés par les courans.

Les bassins des lacs et des mers sont comblés.

Ces courans ont creusé de plus en plus les vallées formées primitivement par la cristallisation des montagnes...

Cette action des courans est indiquée en plusieurs endroits par les angles rentrans, égaux aux angles saillans qu'on y observe.... Bouguet avait fort insisté sur ce phénomène.

Mais il avait trop accordé à cette égalité des angles rentrans et saillans, qui existent dans quelques vallées. Saussure a fait voir que dans les Alpes, cette observation est le plus souvent inexacte. Au lieu d'un angle saillant, on voit fréquemment une nouvelle vallée...

Quoique cette action des courans soit bien prouvée par tous les faits que nous venons de rapporter, on ne peut disconvenir que des savans distingués ne lui aient attribué de trop grands effets, c'est ce qui arrive assez souvent.

Hall, à qui la science doit de si belles expériences, suppose que tous les terrains primitifs ont été autrefois recouverts par des terrains secondaires, et que ces derniers ont été emportés par des courans.

« Une série importante de faits, dit-il, (1) prouve que les
» couches actuelles de la surface de la terre, qui ont été sous-
» marines, ont aussi été *souterraines*. Tout indique qu'une
» grande quantité de matière a abandonné la surface actuelle de
» notre globe, et des dépôts énormes de fragmens, détachés évi-
» dement de masses semblables à nos roches ordinaires, attes-
» tent l'action de quelque cause puissante de destruction.

(1) Page 226.

» *L'analogie nous conduit aussi à croire que toutes les roches
» primitives ont une fois été recouvertes par des secondaires.* Ce-
» pendant, des régions très-vastes n'offrent aucune roche de
» cette nature.

» Le docteur *Hutton* attribuait ces changemens à l'action
» long-temps continuée de ces causes, qui ne cessent point
» aujourd'hui d'attaquer la surface de la terre; telles que les
» gelées, les pluies, les inondations ordinaires des rivières....,
» et qu'il considère comme ayant toujours agi avec la même
» force dans les tems; mais je n'ai jamais pu admettre cette
» opinion, ayant adopté de bonne heure celle de Saussure.... ;
» j'étais alors convaincu, et je n'en suis pas moins persuadé
» actuellement que :

» Des courans immenses assez profonds pour dépasser nos
» montages, ont balayé la surface du globe, creusant des
» vallées, rongeant latéralement des montagnes, et emportant
» avec eux tout ce qui pouvait résister à cette puissante érosion.

» Si de pareilles agents ont travaillé dans les Alpes, il est
» difficile de concevoir que nos régions en aient été à l'abri. J'ai
» donc cherché à trouver, dans notre pays, des traces d'opéra-
» tions analogues, je n'ai pas été long-tems sans en découvrir
» en quantité. »

On voit que *Hall* suppose des courans, qui, après la production des êtres organisés, ont surpassé les montagnes les plus élevées, ont balayé la surface actuelle du globe, et emporté les terrains secondaires qu'il suppose avoir couvert tous les terrains primitifs, tandis qu'une grande partie de ces terrains primitifs est aujourd'hui à découvert ; enfin, tout indique, dit-il, qu'une grande quantité de matière a abandonné la surface actuelle de notre globe.

Je crois que la plupart de ses suppositions ne sont pas fondées, car on pourrait lui demander,

1°. Ce qu'est devenu cette grande quantité de matière, qu'il suppose avoir abandonné la surface du globe.

2°. Quelle est la cause qui a produit les courans, qu'il suppose avoir surpassé les plus hautes montagnes après la production des êtres organisés, c'est-à-dire, après la retraite des mers......

Hall ne saurait répondre à ces difficultés d'une manière satisfaisante.

D'autres géologues ont également beaucoup attribué à l'action des courans; mais, le plus souvent, ils ont donné trop d'étendue à cette cause.

Il ne faut donc pas accorder à l'action des courans, des effets plus étendus que ceux que leur assignent des faits bien constatés.

DE LA DÉGRADATION DES TERRAINS PRIMITIFS.

. . . . . . *Et Eluvie mons est deductus in æquor.*
PYTHAGORE, *Métamorph. d'Ovide*, Liv. 15.

Ces terrains primitifs, quelque fût leur nature, de granits, porphyres, gneis, schistes, smectites, substances métalliques, anthracite...., ont ensuite été altérés par différentes causes, et dégradés au point où nous les voyons : ce sont ces effets que nous allons examiner en détail.

Les courans des eaux dans lesquels ils se sont formés, ont été la première cause qui les a altéré; car, ces courans agissaient à cette époque comme ils l'ont fait postérieurement.

Nous avons exposé précédemment la nature des courans généraux des eaux; et nous avons fait voir qu'ils peuvent se réduire à quatre principaux, correspondant à ceux de l'atmosphère.

1°. Un grand courant alizé d'orient en occident, analogne à celui de l'atmosphère.

2°. Ce mouvement alizé ne s'étend que dans les zones équinoxiales; mais, à une certaine latitude, il se dirige vers les pôles, et devient *courant du nord* dans l'hémisphère boréal, et *courant du sud* dans l'hémisphère austral.

3°. Ces courans de nord et sud, dans une latitude encore plus élevée vers les pôles, deviennent courans d'occident en orient.

4°. Ces courans, d'occident en orient, sont obligés pour rétablir l'équilibre de se porter vers l'équateur.

Ces courans généraux des eaux des mers, sont ensuite modifiés par des causes locales, et changent souvent de direction.

Ces mouvemens des eaux devaient être bien plus considérables dans ces tems, parce qu'elles étaient en plus grand volume. D'ailleurs, le mouvement imprimé à une grande masse, a une action beaucoup plus puissante, et par conséquent est capable de produire de très-grands effets.

Cette action des courans ne se faisait peut-être pas sentir avec une grande force, sur la portion des terrains qui étaient à une profondeur considérable.

Mais à mesure que les eaux se sont retirées, que leur profondeur a diminuée, les parties des terrains les plus proches de la surface ont éprouvé une impression plus vive de la part des courans.

Enfin, lorsque les premiers pics ont commencé à sortir du sein des eaux, ils ont été exposés à toute la violence des lames, à toute la fureur des flots. Ils ont été attaqués de tous les côtés, mais principalement de celui exposé à la direction du courant. Souvent ils ont été coupés verticalement, ou presque verticalement, comme le sont encore aujourd'hui plusieurs falaises.

Telle me paraît être la première origine de plusieurs de ces pics décharnés, qui composent les sommets des hautes montagnes.

Quand on considère les sommets des chaînes du *Mont-Blanc*, qu'on appelle *aiguilles*, on ne peut douter que ces causes n'aient beaucoup contribué à les amener à l'état où ils se trouvent. Tous sont en ruines, et ne présentent plus que des pics décharnés, dont une partie s'écroule tous les jours. Plusieurs sont coupés presque verticalement à la hauteur de plusieurs centaines de toises. Il n'est pas douteux qu'un grand nombre de ces effets est dû à l'action des eaux.

Cette action des eaux y a laissé en plusieurs endroits des effets qu'on ne saurait méconnaître. A la Valorsine, à une distance peu éloignée des aiguilles, et à plus de douze cents toises de hauteur, on voit des cailloux roulés ; et plusieurs sont déposés presque verticalement. On ne saurait douter que ces cailloux n'aient été produits par un mouvement des eaux.

On retrouve les mêmes traces de l'action des eaux primitives, sur tous les sommets de toutes les hautes montagnes ; les Pyrénées, le Taurus, l'Immaüs, l'Altaï, les Andes. . . . présentent partout des pics décharnés.

Les eaux des pluies et les autres agents extérieurs ont continué à dégrader ces pics, lorsqu'ils furent sortis du sein des eaux, et cette dégradation augmente tous les jours.

Les frimats, les neiges, les gelées, l'action de la chaleur du soleil, les eaux courantes. . . . attaquent les pierres les plus dures et les décomposent. L'eau qui s'est insinuée entre les scissures, qui séparent les cristaux, venant à se congeler, occupe plus de volume : elle divise, elle fendille ces masses avec de grands efforts : les parties détachées se précipitent les unes sur les autres. . . . et la montagne se dégrade de plus en plus.

Toutes les hautes sommités des Alpes, telles que les aiguilles

du Mont-Blanc, toutes les hautes sommités des Pyrénées, sont déchirées de tous les côtés, et ont perdu une grande partie de leur élévation et de leurs masses par ces causes très-actives, et elles en perdent journellement. Les Cordilières, les Altaï, les Ourales, les Valdaï.... présentent partout les mêmes phénomènes.

Les observateurs voyageurs rapportent avoir souvent été témoins de la chute d'une grande quantité de ces débris, qui éboulent les uns sur les autres, avec un bruit qui retentit au loin, et se répète mille fois dans les vallées profondes.... La hauteur des montagnes en est singulièrement diminuée....

Tous ces débris sont ensuite emportés par les eaux courantes; elles en déposent une partie sur leurs rivages et dans lesplaines, l'autre est transportée jusques dans le sein des mers et des lacs, qui en sont comblés.

Enfin, quelques masses trop considérables n'ont pu être emportées par les eaux courantes; elles sont encore aujourd'hui amoncelées en grand tas sur les croupes des montagnes. Telle est l'origine de ces blocs énormes de granits, de porphyres... qu'on voit à plusieurs endroits sur les flancs des montagnes primitives. Leur volume était trop considérable pour que les eaux aient pu les entraîner; mais elles ont emporté les terres et les pierres moins pesantes qui les environnaient.

Je connais auprès de Thiers, en Auvergne, un bloc isolé, de granit, de dix à douze pieds de hauteur, et qui peut avoir plus de mille pieds cubiques. Il repose sur une autre masse granitique, et il s'y trouve dans une situation telle, qu'avec le moindre effort on le fait balancer, c'est pourquoi, en langage du pays, on l'appelle *la pierre qui danse*. Il repose sur un seul point très-étroit, qui lui sert de pivot, et qui est à peu près au centre de la masse, tellement qu'une impulsion très-faible le fait vaciller malgré son énorme pesanteur.

Ce bloc, et les autres semblables, ne sont ainsi isolés que parce que les eaux ont entraîné la portion de terre, ou autres petites pierres plus petites, qui les enveloppaient.

DES FALAISES DES TERRAINS PRIMITIFS.

Par falaises on entend des montagnes escarpées, qu'on rencontre sur les bords des mers, des lacs et des continens, qui sont coupées d'une manière plus ou moins verticale.

Toutes les côtes des mers profondes sont bordées de pareilles falaises. Dans quelques endroits la profondeur est assez considérable pour que la sonde n'atteigne pas de fond.

Il y a des falaises sur les côtes de Toulon, de Corse, de la Sardaigne. . . .

Toute la côte du Pérou, sur la mer du Sud, est bordée de hautes falaises, et la mer y est très-profonde.

La plus grande partie des côtes orientales de l'Archipel de l'Inde, sont également garnies de falaises plus ou moins élevées.

Les montagnes de la Tuble, à l'extrémité de l'Afrique, doivent être regardées comme des falaises.

Des falaises se trouvent également dans les continens. Le Mont-Blanc a sa face, du côté de l'Italie, coupée à pic, et presque verticale, à la hauteur de près de 1600 toises.

On observe un grand nombre de montagnes, dans les terrains primitifs, qui présentent des faces plus ou moins rapprochées de la verticale.

Les falaises ou montagnes escarpées ont donc été premièrement produites par la *cristallisation*, telle que la face du Mont-Blanc du côté de l'Italie.

Mais des causes postérieures ont également pu contribuer à la formation des falaises.

a. Des affaissemens des terrains.

b. Des soulèvemens des terrains.

Ces soulèvemens et ces affaissemens auront été le plus souvent des effets des commotions souterraines, par des secousses volcaniques....

L'action des grands courans a encore pu former des falaises en coupant les terrains que leurs eaux traversent.

Les flots des mers en frappant contre les flancs des montagnes, les dégradent, les coupent.

DE LA FORMATION DES BRÈCHES ET POUDDINGS DES TERRAINS PRIMITIFS.

Quelques-uns des débris des terrains primitifs ont été agglutinés par un ciment quelconque. Il en est résulté de nouvelles pierres, auxquelles on a donné le nom de *brèches*, lorsque leurs parties étaient anguleuses, et de *pouddings*, lorsque leurs parties étaient arrondies.

J'ai fait plusieurs sous-divisions de ces roches, à raison des substances dont elles sont formées (1).

1. Brèches et pouddings siliceux.
2. Brèches et pouddings argileux.
3. Brèches et pouddings magnésiens.
4. Brèches et pouddings calcaires.
5. Brèches et pouddings barytiques.
6. Brèches et pouddings strontianiques.

---

(1) Voir mes *Leçons de Minéralogie*, tom. 2.

7. Brèches et pouddings gluciniques.
8. Brèches et pouddings circoniques.
9. Brèches et pouddings gadoliniques.
10. Brèches et pouddings sulfureux.
11. Brèches et pouddings anthraciques.
12. Brèches et pouddings métalliques.

Ces brèches et ces pouddings seront donc formés de débris de pétro-silex, de hornblende, de lydiennes, de cornéennes, de schistes, de granits, de porphyres.... Voici la description que donne Saussure, des pouddings et des brèches de la Valorsine (§. 692).

« Ces cailloux sont de différentes grandeurs, depuis celle » d'un grain de sable, jusqu'à 6 à 7 pouces de diamètre. Ils » appartiennent tous à la classe des roches que j'ai appelées » *primitives*. Je n'y ai cependant point vu de granits en masse; » seulement des granits feuilletés, des roches feuilletées, mé» langées de quartz, de mica, de fragmens même de quartz » purs; mais absolument aucun schiste argileux, ni aucune » pierre calcaire, rien qui fit effervescence avec l'eau forte, et » la pâte même qui renferme ces cailloux n'en fait aucune. » Leur forme varie.

» Les uns sont arrondis, et ont manifestement perdu leurs » angles par le frottement.

» D'autres ont leurs angles vifs : quelques-uns même ont la » forme rhomboïdale qu'affectent si fréquemment les roches de » ce genre ».

On voit également de ces roches brisées, ou roulées, et ensuite agglutinées par un ciment, dans plusieurs terrains primitifs.

Ces brèches et ces pouddings ont été formés par les causes que nous avons vu avoir dégradé les montagnes. Des portions de ces

roches ont été détachées des grandes masses, et sont tombées dans les lieux les plus bas. Elles y auront été agglutinées par des cimens de différentes natures, comme je l'ai dit dans mes Leçons de Minéralogie (tom. 2, pag. 471).

Lorque ces portions auront conservé leurs angles entiers, ce seront les bréches.

Mais, si elles ont été roulées par l'action des eaux, leurs angles se seront arrondis ; ce seront les pouddings.

DE LA FORMATION DES GRÈS PRIMITIFS.

Les mêmes causes qui ont formé les pouddings et les brèches primitifs ont formé les grès primitifs ; car ceux-ci ne diffèrent des premiers, que parce qu'ils sont réduits à un plus petit volume, celui d'un grain de sable.

Les grès primitifs, que j'ai observés dans les montagnes d'Ajou, sont auprès des pouddings.

Saussure avait déjà fait les mêmes observations au Buet. « On » compte, dit-il, §. 585, cinq à six couches de grès, épaisses » chacune de douze à quinze pouces.... Sous celui-ci, on en » trouve un autre plus grossier, *auquel on pourrait même donner* » *le nom de poudding* ; il est composé de quartz, de feldspath, » et de petits pyrites ».

Au milieu des cailloux roulés de la Valorsine, il en a trouvé qui n'avaient que la grosseur d'un grain de sable. *Ibid.* §. 692.

La formation de ces espèces de grès est due aux mêmes causes que celle des pouddings et des brèches, excepté qu'ils sont réduits en parties plus fines.

Quelques-uns de ces grès pourraient néanmoins être le produit d'une CRISTALLISATION GRENUE. Lorsqu'une dissolution saline est prête à cristalliser, elle ne cristallise qu'en grains plus

ou moins gros, si on agite beaucoup la liqueur, comme le sel marin, le nitre, le sucre...., au lieu qu'il s'y forme des masses et des cristaux plus ou moins volumineux, lorsque la dissolution n'est pas agitée.

DU TRANSPORT DES BRÈCHES, DES POUDDINGS, ET DES SABLES DES TERRAINS PRIMITIFS.

Ces brèches, ces pouddings, et ces sables des terrains primitifs, se trouvent quelquefois auprès des grandes masses dont ils ont été détachés.

Mais, d'autres fois, ils ont été transportés à des distances plus ou moins éloignées, et on les retrouve amoncelés, en plus ou moins grande quantité, dans différens endroits de la surface du globe.

Ces transports ont été reconnus par tous les observateurs, les Saussure, les Pallas..... Ils en ont donné différentes explications.

Chambrier a donné (Journal de Physique tom. 61, pag. 251) la description de pouddings qu'il a observés dans une partie de la Suisse, et qu'il croit y avoir été transportés par des courans.

« Les plus anciens pouddings, dit-il, sont ceux qui se trouvent entre autres lieux, près Dengi dans le canton de Glaris, » à Mêls, et sur les bords du lac Vallenstadt, au-dessous des » montagnes calcaires, qui l'environnent. La pâte en est schisteuse; elle renferme du quartz, des stéatites..... ils ont des » rapports de gisement avec ceux de la Valorsine ».

Le Rigi, et une partie du Niesen, sont formés de pouddings bien différens des premiers. Ils renferment des schistes micacés, du quartz, du mica, des jaspes rouges ou verts, des porphyres, des pierres calcaires noires, avec des veines de silex....

Ces mêmes pouddings se trouvent au nord-est du lac de Thoun....

On les rencontre encore dans la direction des lacs de Neufchâtel, de Bienne, du cours de l'Aar....

La plupart de ces pouddings ont paru, à Chambrier, étrangers aux montagnes de la Suisse. Il pense qu'ils ont été apportés des Vosges, où il a observé des pierres analogues. Il suppose que ces transports ont été les effets de courans violens venus du côté des Vosges.

« Les eaux; dit-il, portées tout-à-coup au midi, auront » entraîné dans leur cours tout ce qui se sera trouvé sur leur » passage. Les granits, les porphyres, détachés des Vosges, » n'auront pu résister à leur violence. Ils auront franchi le Jura; » et des montagnes plus élevées (Les Hautes-Alpes) auront pu » seules les arrêter. Amoncelés avec les débris de ces dernières, » elles auront donné naissance au Rigi et autres montagnes de » ce genre ».

Toutes ces masses s'agglutinèrent avec les grès, et formèrent des couches à peu près continues, qui sont restées assez long-tems dans cet état.

D'autres physiciens ont eu également recours à l'action des courans pour expliquer le transport des brèches et des pouddings...

Nous avons exposé ci-devant toute la puissance des courans. Il n'est pas douteux qu'ils n'aient déplacé et transporté plusieurs substances, par conséquent des brèches, des pouddings...

Mais nous avons prouvé en même tems qu'on a souvent exagéré cette action des courans.

DES LIMITES DES DIFFÉRENTES SUBSTANCES DES CHAINES PRIMITIVES.

Nous avons vu que les différentes substances des terrains pri-

mitifs cristallisent chacune à part, ici les granits, ailleurs les porphyres, là les pétrosilex, les hornblendes, les lydiennes, les cornéennes, les schistes; dans d'autres endroits les smectites, plus loin les calcaires primitifs, les gypses primitifs.... les barytites, les strontianites, les gadolinites...

Toutes ces *substances* forment des masses distinctes plus ou moins considérables, et qui ne sont point mélangées.

On aperçoit leurs limites qui sont fixes.

Tous ces phénomènes sont des effets des cristallisations qui s'opèrent suivant les lois des affinités.

Plusieurs sels mélangés, et qui cristallisent ensemble, présentent les mêmes phénomènes.

On observe néanmoins quelques exceptions à ces lois, principalement dans les lieux où se terminent ces différens terrains. Les diverses substances minérales dont ils sont composés, y sont plus ou moins mélangées.

DE LA DIRECTION DES MONTAGNES ET DES VALLÉES DES TERRAINS PRIMITIFS.

Plusieurs géologues ont avancé que ces masses de montagnes des terrains primitifs avaient des directions particulières. Freisleben, Buch, Gruner et Humboldt ont cherché à prouver cette direction par un grand nombre d'observations faites dans leurs voyages minéralogiques. Voici ce qu'a dit Humboldt (*Journal de Physique*, tome 53, page 45) de l'Amérique méridionale, en 1800.

« Après avoir reconnu la direction des montagnes et des
» vallees, ou la forme des inégalités du globe, jetons un coup-
» d'œil sur un objet plus important et moins recherché encore,
» sur la *direction* et *inclinaison* des couches primitives, qui com-

» posent cette petite partie du monde que j'ai parcourue. J'ai
» cru observer, depuis 1792, que cette direction suit une loi
» générale, et que (faisant abstraction des inégalités que des
» petites causes locales, surtout les couches et filons métalli-
» fères, ou de très-anciennes vallées, ont pu produire) l'on
» trouve les couches du granit en masse, du granit feuilleté, et
» surtout du schiste micacé et de l'ardoise (thon-schieffer),
» dirigées trois heures et demie de la boussole du mineur, en
» faisant un angle de 52° 30′ avec le méridien du lieu. L'in-
» clinaison des couches étant au nord-ouest, c'est-à-dire,
» qu'elles tombent parallèlement à un corps qu'on lancerait
» vers ce côté là, ou que l'ouverture de l'angle d'inclinaison
» (moindre que 90°) qu'elles font avec l'axe de la terre, est
» opposée au nord-est. La direction est plus constante encore
» que l'inclinaison, surtout dans les roches simples (ardoises,
» cornéennes schisteuses), ou dans les roches composées qui ont le
» grain moins cristallin, tel que le schiste micacé. Dans le gra-
» nit (1), dans le gneis, l'attraction mutuelle des molécules
» cristallisées paraît souvent avoir empêché une stratification
» régulière : c'est pour cela que l'on découvre plus d'uniformité
» dans les schistes micacés et ardoises. Ce sont elles qui m'ont
» fait naître la première idée de cette loi, pendant mon séjour
» dans le Fichtelberg et le Thueringerwald. J'ai mesuré depuis,
» très-soigneusement, les angles des couches primitives dans
» d'autres parties de l'Allemagne, en Suisse, en Italie, dans la
» France méridionale, aux Pyrénées, et récemment en Galice.
» M. Friesleben, dont les travaux ont été si utiles à la Géo-

(1) Il y a cependant des granits très-régulièrement stratifiés, et dirigés à 3-$\frac{1}{4}$ heures, inclinés vers le nord-ouest, à la Schnoekoppe, au Ochsenkopf, au Siebargebirge, et dans les Pyrénées.

» logie, a bien voulu m'aider dans ces recherches, et nous » avons été surpris de l'uniformité de *direction* et d'*inclinaison*, » que nous avons trouvée à chaque pas dans une des plus hautes » cordillières du monde, les Alpes de la Savoie, du Valais et » du Milanais.

» Les mesures des angles que j'ai faites jusqu'à présent de » la cordillière de Vénézuela, et dans celles de la Parime » (dans l'Amérique méridionale), ont donné les mêmes résul- » tats que mes recherches en Europe, savoir dans la chaîne des » montagnes de schiste micacé, depuis Cavarralledo jusqu'au rio » Momon, à la silla de Caracos, à mille toises d'élévation, au » rincon del Diabolo, à la montagne du Guigue, dans les îles » du Chormont, lac de Valence (élevé au-dessus de la mer » presque autant que celui de Genève), dans tout l'isthme de » Maniquaré et de Chupariparu, dans les cornéennes schis- » teuses (hornblende-schieffer) qui se découvrent dans les rues » de la capitale de la Guayane, même dans les cataractes et le » granit stratifié, au pied du Duida... partout les couches font » un angle de 50° avec le méridien (3 à 4 heures de la bous- » sole), étant dirigées du nord-est au sud-ouest, et inclinées, » ou tombant de 60° à 80° au nord-ouest.

» Il faut convenir que cette uniformité d'inclinaison et de » direction des couches, dans les deux mondes, indique une » cause très-universelle, fondée dans les premières attractions » qui ont agité la matière pour l'accumuler dans des sphéroïdes » planétaires. »

D'après tous ces faits on pourrait donc supposer que ceux des terrains primitifs qui forment des couches, tels que les schistes micacés, les schistes primitifs (thon-schieffer), les hornblendes schisteuses (hornblendes schieffer) (1)... se relevaient depuis les

(1) Les vrais granits ne forment point de couches.

pôles jusqu'à l'équateur sur un angle de 60 à 80 degrés, et que leur direction, au lieu de couper les méridiens à angle droit, ne le coupaient que sous un angle de 50 à 60 degrés du nord-ouest au sud-ouest.

» Cette grande cause (l'attraction générale qui a donné la
» la forme sphéroïdale au globe), continue Humboldt, *ibidem*,
» n'exclud pas l'influence des causes locales qui ont déterminé
» des petites portions de matière de s'arranger de telle ou
» ou telle manière, selon les lois de la cristallisation. Delamé-
» therie a judicieusement indiqué ces phénomènes, cette in-
» fluence d'une grande montagne (comme noyau) sur les
» voisines plus petites. Il ne faut pas oublier que toute matière,
» indépendamment de l'attraction vers le centre de la masse,
» s'attire aussi mutuellement. »

En supposant exactes les observations de Friesleben, de Humboldt, de Buch, de Gruner, sur l'inclinaison et la direction des couches des terrains primitifs, j'ai fait voir quelle en avait pu être la cause (1).

On observe dans toutes les grandes montagnes un centre principal, vers lequel se dirigent toutes les couches qui l'environnent à une certaine distance. Auprès du Mont-Blanc, par exemple, toutes les couches environnantes, telles que celles qui forment les aiguilles.... tendent vers le sommet de ce centre principal d'attraction.

L'équateur, qui est relevé de dix à douze mille toises plus que les pôles, doit être regardé comme une grande montagne qui ceint tout le globe. Dès lors toutes les couches primitives, qui se sont formées lors de la cristallisation générale de la masse, doivent tendre vers cette grande montagne circulaire, et annu-

(1) *Journal de Physique*, tom. 54, page 64.

laire, de même que les couches qui environnent le Mont-Blanc tendent toutes vers le sommet de cette montagne.

On pourrait donc expliquer par cette cause les faits observés par Humboldt, si ils étaient constatés.

Mais plusieurs observateurs instruits nient cette régularité dans la direction et l'inclinaison des couches primitives. Ils disent que si on les a quelquefois observé, ce sont des faits particuliers, qu'on ne peut généraliser.

Le géologue sage doit donc, dans ses voyages, examiner avec soin cette inclinaison des couches primitives, pour se former à cet égard une opinion motivée.

RÉSUMÉ SUR LA FORMATION ET CRISTALLISATION DES SUBSTANCES DES TERRAINS PRIMITIFS.

Les substances dont sont composés les terrains primitifs de la croûte du globe, ont été, comme sa masse principale, formées par les combinaisons des parties premières de matière. Ces combinaisons, qui s'opéraient primitivement dans le vide et dans l'air, s'opéraient alors dans le sein des eaux accumulées ; car il n'y a pas de cause qui pût empêcher qu'elles n'eussent lieu dans l'eau comme dans l'air.

Les molécules de ces snbstances se trouvant alors à leur *état naissant*, ont pu se réunir dans l'eau comme dans l'air et y cristalliser. Nous avons vu que les molécules de soufre, par exemple, réduites par la chaleur à leur *état naissant*, se rapprochent et cristallisent comme lorsqu'il est sublimé par l'art, ou par les feux volcanique.

Si ces molécules de soufre, ainsi sublimées, rencontrent des molécules d'autres substances, avec lesquelles elles ont de l'affinité, également sublimées, elles s'y combinent, comme dans la formation de l'arsenic sulfuré, du mercure sulfuré.

Le fer spéculaire volcanique cristallise également par sublimation.

L'or, l'argent, volatilisés par le miroir ardent, cristallisent.

La fusion fait cristalliser diverses substances par les mêmes moyens; on réduit en fusion le bismuth, par exemple, le plomb.... Toutes leurs molécules sont réduites à leur état élémentaire, à leur *état naissant*; elles peuvent alors obéir aux lois des affinités; elles se rapprochent, s'unissent, et cristallisent d'une manière confuse, ou d'une manière régulière.

C'est cette cause qui donne la consistance à toutes les substances volcaniques fondues par l'action des feux souterrains : leurs molécules séparées par l'action de la chaleur sont réduites à leur *état naissant*. Elles obéissent aux lois des affinités, se rapprochent, et cristallisent, ou d'une manière confuse, ou d'une manière régulière.

Ces faits prouvent que la fusion et la sublimation ne font cristalliser ces diverses substances que parce qu'elles en désunissent les molécules, les réduisent à leur *état naissant*, et les mettent à même d'obéir aux lois des affinités pour se rapprocher et se combiner.

Les molécules des substances, dont sont composés les terrains primitifs de la croûte du globe, se sont trouvées, dans les premiers momens, au sein de l'eau, au même état que si par l'action de la chaleur ces substances avaient été fondues ou sublimées. Ces molécules quoique dans l'eau étaient comme à leur *état naissant*; elles se rapprochaient, se combinaient, et cristallisaient d'une manière régulière ou confuse.

Les molécules de silice, à leur *état naissant*, se rapprochaient, se combinaient et formaient des quartz.

Les molécules d'alumine, réduites à leur *état naissant*, se rapprochaient, se combinaient et formaient des saphirs.

Les molécules de chaux et de magnésie, réduites à leur

état naissant, ont une trop grande affinité avec l'eau pour pouvoir s'unir, se rapprocher et cristalliser.

Mais ces mêmes molécules de chaux et de magnésie, se trouvant à leur *état naissant* avec des molécules de silice ou d'alumine, ont plus d'affinité avec ces dernières qu'avec l'eau. Elles s'unissent donc, soit avec des molécules de silice, soit avec des molécules d'alumine, soit avec les unes et les autres, et elles cristallisent.

Les alcalis ont également trop d'affinité avec l'eau pour y cristalliser; mais si on y ajoute de l'alkool, celui-ci a plus d'affinité avec l'eau que n'en ont les alcalis, il s'en empare, et ceux-ci cristallisent.

Il en faut dire autant des autres terres, la baryte, la strontiane, la circone, la glucine et la gadoline.

Les mêmes causes ont fait cristalliser l'anthracite, et les substances métalliques. Les molécules de ces substances étaient à l'instant de leur formation à *l'état naissant*. Elles obéissaient dans l'eau comme dans l'air, ou dans le vide, aux lois des affinités; elles se réunissaient, et cristallisaient dans l'eau comme cristallisent le phosphore, l'alliage métallique du dorcet composé de bismuth 8, de plomb 5, étain 3.

Les faits, que nous venons de rapporter, confirment qu'il faut distinguer plusieurs époques dans la formation des terrains primitifs.

1°. Celle où ont été formés les terrains situés sous la croûte du globe, à une plus ou moins grande profondeur. Nous avons vu que, suivant les probabilités, ils doivent contenir de grandes quantités de substances métalliques, et particulièrement des parties ferrugineuses.

2°. Les montagnes situées à la surface du globe, qui paraissent les plus anciennes, telles que les montagnes granitiques, les

porphyriques.... forment des masses homogènes plus ou moins considérables, dans lesquelles on n'observe aucunes couches.

3°. Les montagnes composées de gneis, de granits veinés, de schistes micacés.... sont formées de couches plus ou moins épaisses, plus ou moins inclinées.

4°. Les montagnes composées de serpentines, de talcs, de stéatites... forment des masses assez considérables, qui ne sont point en couches.

5°. Les montagnes composées de schistes primitifs, de cornéennes, de lydiennes.... forment des couches plus ou moins inclinées.

6°. Les montagnes composées de calcaires primitifs, de gypses primitifs... ne forment point de couches.

7°. Toutes ces montagnes primitives sont cristallisées, et forment des chaînes plus ou moins prolongées. Chacune de ces chaînes a une direction particulière. Mais il n'y a point de direction générale de toutes les chaînes.

Quelques géologues, tels que Bourguet, ont cru apercevoir, dans ces différentes chaînes, des angles *rentrans* correspondans toujours à des angles *saillans*.

Mais des observations plus exactes ont fait voir que cette opinion n'est pas toujours fondée. On observe le plus souvent que de nouvelles vallées se présentent aux lieux où devraient être ces angles.

Il me semble qu'il faut distinguer la formation des terrains primitifs de la croûte du globe, en deux époques bien marquées.

La formation des terrains primitifs de la *première époque*, comprend celle des granits et porphyres, et celle des substances métalliques et autres, qui y sont contenues.

La formation des terrains primitifs de la *seconde époque* comprend celle des gneis, des schistes micacés, des schistes primi-

tifs.... et des autres substances qui leur sont contemporaines. Il faudrait même faire plusieurs sous-divisions de cette seconde époque.

Quelques-unes de ces dernières substances ont pu être tenues seulement en *suspension* dans les eaux, sans une dissolution préalable, telles que les schistes, par exemple.

Les argiles primitives, les smectites ou terres à foulon... n'ont été que tenues en suspension dans les eaux.

Pour concevoir la formation des roches agrégées, des granits et granitoïdes, des porphyres et porphyroïdes, il faut supposer que les substances dont elles sont composées, savoir :

Les feldspaths,
Les quartz,
Les micas,
Les hornblendes,
. . . .

se forment chacune séparément, par la combinaison des différentes terres, des oxides métalliques, des alkalis, du charbon....

Et qu'ensuite, elles cristallisent toutes ensemble, comme le font différens sels neutres mélangés, tels que le nitre, le sel gemme, le sel de Glauber, ou sulfate de natron....

Si la cristallisation est précipitée, toute la masse ne fait qu'un magma. Ce sont les schistes, les cornéennes, les lydiennes, les hornblendes, les pétrosilex....., comme dans les nitres dits *de première cuite*, tous les sels ne font qu'une seule masse.

Lorsque la cristallisation s'opère un peu plus lentement, les substances qui exigent une plus grande quantité d'eau pour être tenues en solution, telles que le feldspath.... cristallisent, et les autres substances ne forment qu'une masse homogène. Ce sont les porphyres et porphyroïdes....

Enfin, si chaque substance a le tems de cristalliser séparément, ce sont les granits et granitoïdes....

Cette théorie de la formation des montagnes primitives du globe terrestre, est confirmée par les observation qu'on a faites sur les montagnes des autres globes. On y découvre des montagnes beaucoup plus élevées que les nôtres.

Schroeter (1) en observant les planètes, y a distingué des ombres que quelques parties de leurs surfaces projettent au moment de leur apparition, c'est-à-dire de leur lever, ou de leur coucher. Ces parties élevées sont des montagnes, dont il distingue différens ordres.

Il a distingué dans la Lune, qui est quarante neuf fois moins grosse que la terre, des montagnes qui ont plus de quatre mille toises d'élévation.

Il est dans Venus, qui est moins grosse que la terre, des montagnes qui ont jusqu'à vingt-trois mille toises d'élévation.

Sans doute les montagnes des grosses planètes, Saturne et Jupiter, ont encore plus de hauteur.

Le soleil a des taches d'une grande élévation; elles doivent former des montagnes immenses.

Les terrains primitifs composent la majeure partie du globe. Ils doivent donc intéresser plus particulièrement les géologues: c'est la raison qui m'a fait entrer dans d'assez grands détails sur leur formation.

Les autres terrains dont nous allons faire l'histoire, ne sont, en comparaison des primitifs, qu'une très-petite portion de la masse du globe.

Mais ils composent la plus grande portion de sa surface.

DE LA FORMATION DES ÊTRES ORGANISÉS.

C'est dans ces instans où une partie des terrains primitifs

(1) *Journal de Physique*, tome 48, page 459.

fut découverte par les eaux, que nous pouvons supposer la formation des êtres organisés ; car nous allons en trouver les débris dans les terrains qui vont se former, tandis qu'il n'y en a aucun dans les terrains formés antérieurement ; d'où est venu le nom de *primitifs*, qu'on leur a donné, c'est-à-dire, *antérieurs à la formation des êtres organisés ;* car dans le tems que tous les élémens étaient mélangés et se combinaient pour former le globe, il ne pouvait y exister ni animaux ni végétaux ; ce n'est qu'après sa cristallisation générale que nous pouvons concevoir leur existence.

Il est en général deux ordres d'êtres organisés : les uns habitent toujours les eaux ; les autres ne peuvent vivre que sur les continens. Il serait difficile de fixer l'époque où les premiers ont pu commencer à exister, mais l'instant de la formation des seconds a dû être postérieur de plusieurs siècles aux grands événemens qui ont formé le globe.

Les montagnes primitives les plus élevées sont formées par une dissolution et une cristallisation aqueuses, et ont par conséquent été couvertes d'eau. Le niveau de ces eaux s'est abaissé, les pics les plus élevés se sont découverts, et ont paru comme des îles dans le vaste Océan... Ce n'est que lorsqu'il y a eu une certaine étendue de terre découverte, que nous pouvons supposer l'origine des végétaux et des animaux qui habitent les continens.

Comment ces végétaux et ces animaux ont ils été produits ? Comment l'ont été ceux qui habitent constamment les eaux ?

C'est sans doute une des questions les plus difficiles de toute la physique, peut-être serait-il plus prudent d'avouer qu'elle est au-dessus de nos connaissances, que d'essayer de la résoudre. Cependant nous connaissons à cet égard des faits certains.

On sait que je regarde la production des êtres organisés comme

une *véritable cristallisation* : cette première cristallisation a dû s'opérer dans un fluide. Je suppose que dans les premiers tems, des eaux stagnaient dans des mares, et qu'elles s'y mélangèrent avec différentes espèces d'airs, de terres, de substances métalliques.... *Des êtres organisés* y furent produits de la même manière à peu près qu'il s'en produit encore aujourd'hui dans des eaux, des mares, et même dans des eaux plus pures.

Quelque objection qu'on puisse faire contre cette opinion, on est obligé de l'admettre dans tout *système philosophique* sur la production des êtres organisés ; car on doit avouer qu'un premier mouvement a été imprimé à la matière, et que tous ces mouvemens postérieurs sont une suite de ce mouvement premier. SEMEL JUSSIT SEMPER PAREST, a dit Sénéque en parlant du premier moteur. On ne saurait dire que chaque mouvement particulier, celui par exemple d'un insecte, soit produit par la cause première. Ce mouvement d'un insecte est une suite des lois générales de la nature; son organisation, la génération ou reproduction de cet insecte, est également une suite des lois générales. *La production du premier de ces insectes a donc été également une suite des lois générales* Il est avoué de tous les physiciens, que le globe terrestre a été tout couvert d'eau. Les animaux des continens n'ont donc pu être produits qu'après la retraite de ces eaux. Ces eaux ont laissé ces continens à découvert par une suite des lois générales. Les mêmes lois ont produit alors les animaux des continens, sans l'influence d'aucunes causes extérieures, *par les seules lois de la cristallisation*... Voilà des principes que tout philosophe physicien doit admettre.

Mais comment cette production première des êtres organisés, s'est elle opérée? Il se présente ici deux questions importantes.

La première est de savoir par quels moyens la *matière inorganique* passe à l'état de *matière organique*,

La seconde est de savoir par quels moyens cette matière organique peut former un être organisé.

Nous allons examiner chacune de ces questions.

DE LA MATIÈRE ORGANIQUE.

Il faut distinguer dans les êtres organisés deux espèces de substances bien prononcées : les unes leur sont communes avec les matières minérales ; les autres leur sont particulières.

Les végétaux et les animaux contiennent plusieurs principes qui leur sont communs avec les minéraux :

1°. La chaux, qui est très-abondante chez les animaux, et se trouve également chez plusieurs végétaux.

2°. La magnésie, qui est très-abondante chez les mollusques marins, et se trouve également dans les os de plusieurs mammaux.

Quelques végétaux en contiennent également.

3°. La silice, qui est très-abondante chez plusieurs végétaux, tels que les graminés.

Elle se trouve aussi dans quelques produits animaux.

4°. L'alumine.

Plusieurs métaux se trouvent également chez les êtres organisés.

1°. Le fer y est en très-grande quantité.

2°. La manganèse y a été trouvée par Scheele.

3°. L'or.

On retrouve encore chez les êtres organisés :

1°. Le carbone.

2°. Le soufre.

3°. Le phosphore.

4°. L'air pur.

5°. L'hydrogène.

6°. L'azote.

Enfin, ils contiennent une grande quantité de substances salines :

La potasse.

Le natron.

L'ammoniac.

L'acide sulfurique.

L'acide phosphorique.

L'acide nitrique.

L'acide muriatique.

L'acide fluorique.

L'acide carbonique.

Les nitrières nous font apercevoir la manière dont sont produites la plupart de ces substances. On prend une terre végétale, dépouillée de toute espèce de substances salines par la lixiviation. On en construit de petits murs, et au bout de quelques mois on y retrouve plusieurs sels :

La potasse,

La soude,

L'acide nitrique,

L'acide muriatique,

. . . .

qui y ont été formés par le concours de différens gaz, du calorique, du fluide lumineux....

On retrouve chez les êtres organisés les mêmes principes, les différens gaz, le fluide calorique, le fluide lumineux..... Les mêmes combinaisons peuvent s'y opérer, et former les mêmes substances salines....

Mais les substances vraiment organiques sont :

a. Les corps muqueux.

b. La gelatine.

c. L'albumine.

d. La fibrine.

e. Les huiles.

f. Les acides végétaux et animaux.

L'analyse de ces substances fait voir qu'elles sont composées des principes suivans :

a. Carbone.

b. Oxygène.

c. Hydrogène.

d. Azote.

e. Calorique.

La nature ne produit toutes ces combinaisons que chez les êtres organisés ; et l'art n'est parvenu à imiter que l'huile dans la formation de l'éther sulfuriqne, et en traitant la fonte du fer.

Ces faits indiquent comment la matière inorganique passe à l'état de matière organique.

DE L'ORGANISATION VÉGÉTALE ET ANIMALE ET DES FORCES VITALES.

Un végétal et un animal sont de belles machines, composées de différentes parties, qui ont en elles les causes de leurs mouvemens ; ces causes, chez le végétal, sont (1) :

a. L'action des tuyaux capillaires. On sait qu'une liqueur s'élève, dans un tuyau capillaire, à une plus ou moins grande hauteur, suivant sa nature. Or, les vaisseaux d'un végétal ressemblent à des tuyaux capillaires.

---

(1) Voir mes *Considérations sur les êtres organisés.*

b. L'air contenu dans un tube est continuellement dilaté ou condensé par l'action alternative du chaud et du froid, et il n'est jamais stationnaire, ainsi que l'a fait voir l'académie del Cimento. Or, les végétaux contiennent une grande quantité d'air mélangé avec leurs liqueurs, et qui s'est introduit par leurs trachées.

c. L'élasticité de tous les vaisseaux du végétal ;

d. Leur irritabilité, et leur excitabilité, produites par l'action galvanique de leurs différentes parties. . . . .
. . . .

Ces principes établis, on pourra concevoir les générations spontanées. Supposons le cas le plus simple.

Nous avons vu que des terres cristallisées peuvent former des fibres semblables à la fibre végétale et à la fibre animale. Le tissu de la belle amianthe ressemble parfaitement à ces fibres.

Supposons plusieurs de ces fibres d'amianthe, réunies en faisceau, comme elles le sont ordinairement, et laissant entre elles des interstices semblables à peu près aux vessicules, ou utricules des vaisseaux lymphatiques des animaux, et des vaisseaux sèveux des végétaux. Nous connaissons des cristallisations minérales, qui affectent des formes analogues : ce sont des strontianes sulfatées, composées de plusieurs prismes rhomboïdaux réunis comme un faisceau de fibres. Mais ces prismes sont très-petits, et laissent entr'eux des espaces vides.

Si on place l'extrémité inférieure d'un faisceau de fibres d'amianthe dans un vase d'eau, elle y montera comme dans les tuyaux capillaires, et remplira les vacuoles ou espèces d'utricules. Mais ces fibres étant souples et élastiques céderont peu à peu à la force d'impulsion qui fait monter l'eau. Elles reviendront ensuite sur elles mêmes par une suite de cette même élasticité. S'il s'introduisait une certaine quantité d'air avec l'eau, entre ces fibres, les dilatations et condensations alter-

natives et continuelles de cet air augmenteraient les mouvemens de ces fibres. Il s'établira donc, dans cette masse de fibres d'amianthe, une espèce de mouvement du fistole ou du diastole, dont les intermittences ne seront sans doute pas régulières.

Mais cette eau et cet air, qui circuleront dans cette masse, se mélangeront et se combineront, soit entr'eux, soit avec le calorique, soit avec le fluide lumineux.... Il se produira donc comme dans les nitrières, divers sels, diverses terres... Mais si on supposait qu'il pût s'y produire des liqueurs analogues aux huiles et autres liqueurs d'un végétal, nous aurions un véritable commencement de végétation.

La cristallisation de quelques minéraux est arborisée, et approche beaucoup de celle d'un végétal pour la forme. Telle est celle de cette espèce de granitoïde, qu'on trouve aux Pyrénées, composée de feldspath et d'une espèce de stéatite ou mica steatiteux. Cette dernière substance a acquis dans sa cristallisation la forme arborisée d'un végétal.

C'est à peu près de cette manière qu'on peut concevoir que les générations spontanées s'opèrent par une *cristallisation* de la matière.

La première formation des êtres organisés aura été produite d'une manière analogue par une vraie *cristallisation.*

Peut-on fixer l'époque à laquelle ont été produits les végétaux et les animaux des continens? nous n'avons aucune donnée à cet égard.

Tout ce que les faits nous apprennent, c'est que ces êtres ont été produits lors que les eaux étaient encore à une grande hauteur sur le globe, puisqu'on a trouvé des ossemens fossiles d'éléphants dans les Andes, proche Quito, à près de douze cents toises de hauteur...

Des coquilles fossiles ont été également trouvées à de grandes hauteurs sur les montagnes....

La production des animaux et des végétaux paraît avoir eu lieu à différentes époques....

Les mêmes espèces de végétaux et d'animaux peuvent avoir été produites en différentes contrées...

On a fait des objections sur cette hypothèse de la formation des êtres organisés, et on a dit :

On devrait voir encore aujourd'hui sortir des mares, par une génération spontanée, des éléphans, des rhinocéros, des baleines.... au moins à l'état de ces animaux naissans.

Ma réponse est simple : SEMEL JUSSIT SEMPER POSSET.

Tous les phénomènes, que présentent les êtres existans, sont des effets des premiers mouvemens de la matière. Toutes leurs combinaisons sont des suites de ce premier mouvement... Le fait est certain, mais le mode dont ces combinaisons sont opérées nous est caché.

Il est sûr que la première production des végétaux et des animaux est un effet du premier mouvement de la matière...

Il est sûr que leur reproduction actuelle est également une suite de ce premier mouvement....

Il est sûr que la production des sels, qui se forment dans les nitrières, et ailleurs, est un effet des premiers mouvemens de la matière.

Il est sûr que toutes les cristallisations sont des effets des premiers mouvemens de la matière.

Mais nous ignorons la manière dont ces combinaisons ont été opérées, et dont elles s'opèrent journellement.

Nous ignorons comment s'opèrent les cristallisations.

CE SONT LA LES LIMITES DE NOS CONNAISSANCES.

FIN DU PREMIER VOLUME.

TABLE

DES MATIERES

CONTENUES DANS LE TOME PREMIER.

SECTION PREMIÈRE.

SECTION SECONDE.

SECTION TROISIÈME.

SECTION QUATRIÈME.

SECTION CINQUIÈME.

FIN DE LA TABLE.



